موجز تاريخ العلم

ترجمة

د. عزت عبد الرحمن شعلان

الكتاب: موجز تاريخ العلم

ترجمة: د. عزت عبد الرحمن شعلان

الطبعة: ٢٠٢١

الناشر: وكالة الصحافة العربية (ناشرون)



٥ ش عبد المنعم سالم – الوحدة العربية – مدكور- الهرم – الجيزة
جمهورية مصر العربية
هاتف : ٣٥٨٢٥٢٩٣ _ ٣٥٨٦٧٥٧٦ _ ٣٥٨٦٧٥٧٥
فاكس : ٣٥٨٧٨٣٧٣
http://www. bookapa.com E-mail: info@bookapa.com

دار الكتب المصرية
فهرسة أثناء النشر
موجز تاريخ العلم / ترجمة: د. عزت عبد الرحمن شعلان
– الجيزة – وكالة الصحافة العربية.
١٥٣ ص، ١٨*٢١ سم.
الترقيم الدولي: ٢ – ٠٦٤ – ٩٩١ – ٩٧٧ – ٩٧٨
أ – العنوان رقم الإيداع : ٢٢٠٦٩ / ٢٠٢٠

موجز تاريخ العلم





مقدمة

لا شك أن للعلم في حياة الناس وتفكيرهم آثاراً بعيدة المدى. وكلما أخذت الأمم بأسباب العلم وفنونه زاد نصيبها من الرقي والحضارة. وفي هذا الكتاب تتحدث طائفة من أشهر العلماء والفلاسفة ورجال التاريخ الإنجليز عن بعض جوانب العلم في إيجاز. ويتناول هؤلاء الباحثون فكرة الناس عن الكون في الأزمنة المختلفة، وعلاقة العلم بالأحوال الاجتماعية والاقتصادية، كما يعرضون لبعض المشاكل الخاصة التي لفتت أنظار العلماء، وكيف عكفوا على دراستها والتغلب عليها.

وإذا كانت أوروبا في العصور الوسطى قد عاشت في جهالة وظلام، فقد ظهر عند العرب –في هذه الفترة– نوابغ في ميادين المعرفة. ومن المعروف أن كتب الرازي وابن سينا كانت شائعة في جامعات صقلية ومونبلييه وبولونيا وباريس حتى منتصف القرن السابع عشر.

ولعل في هذا ما يحفز الهمم عند المعاصرين من علماء العرب حتى يتحقق لهم في الغد المأمول ما يتكافأ مع الماضي العريق.

المترجم

الفصل الأول

نظرية دانتي في الكون

هربرت بترفيلد Herbert Butterfield

أستاذ التاريخ الحديث في جامعة كامبردج

إن أكبر عقبة في فهم تاريخ العلم هي عجزنا عن تخليص عقولنا من الآراء الحديثة حول طبيعة الكون. نحن نرجع البصر إلى الوراء بضعة قرون فنرى رجالاً أقوى عقلا منا بكثير– رجالاً يقفون كالعمالقة في تاريخ الفكر في العالم، فإذا لاحظناهم ملاحظة سطحية بدوا أحياناً أغبياء لأنه لم تكن لهم دراية بأبسط المبادئ العلمية الأولية التي نتعلمها اليوم في المدرسة. ومن اليسير أن ننسى أن اكتشاف الوجهة السليمة عند البدء في تناول مشكلة علمية معينة قد استغرق أحياناً قروناً من الزمن. فقد استغرق الأمر عصوراً من الخلاف المرير، واحتاج إلى تعاون كثير من الرواد في سبيل تقرير بعض المبادئ البسيطة الأساسية التي يفهمها اليوم حتى الأطفال دون أية صعوبة على الإطلاق.

هذه الأمور واضحة إلى حد مدهش في حالة دانتي الشاعر والمفكر في القرون الوسطى. ومن المفيد أن نمتحن نظرية دانتي في الكون– لا لأنه اخترع تلك النظرية ولكن لأنه دون ريب واحد من أعظم العقول في التاريخ. وهو يعطينا في كتبه صورة عما كان يعتقده أعظم

المفكرين في عصره، أعني حوالي سنة ١٣٠٠. ومن المهم أن نسجل أن الناس في عصر دانتي لم يعرفوا مبدأ يكاد يكون بديهياً بالنسبة لنا فلم يفهموا أن لكل الأجسام وزناً وأنه لو تحرك بعضها إلى أعلى بدلاً من أسفل فذلك لأنها تشبه قطعة الخشب التي تصعد من القاع في حوض الماء. فهي إنما تتحرك إلى أعلى لأنها أخف من الوسط الذي غمرت فيه. وكان المعتقد في عصر دانتي أن بعض الأجسام لها نوع من الجاذبية يجعلها تميل إلى الوقوع بينما تزود أجسام أخرى بخاصية عكسية أي خفة حقيقية وميل إيجابي للحركة إلى أعلى. فضلاً عن هذا لم يكن عند الناس في تلك الأيام أية فكرة عما يجب أن نعنيه بالعنصر الكيميائي. بل كذلك كانت حال أعظم مؤسسي العلم الحديث في عصر السير إسحق نيوتن بعدئذ بأربعمائة عام. وقد استغرق الأمر خلافاً طويلاً حتى في الجزء الأخير من القرن الثامن عشر لتقرير حقيقة أن الماء ليس عنصراً وأنه يمثل في الواقع مُركباً من عنصرين. ومع كل فقد كان من العسير جداً على الناس –مهما كانت قدرتهم– أن يتقدموا شوطاً بعيداً جداً في الكيمياء إلا بعد اكتشاف ماهية العناصر الأولية.

ولو أخذنا بادئ الأمر المجال الدنيوي والمنطقة المواجهة لنا من سطح القمر، لرأينا أن المدرسين في عصر دانتي كانوا يعتقدون في وجود أربعة عناصر فقط: أربع مواد أولية في هذا الجزء من الكون. وكانت هذه هي: التراب والماء والهواء والنار، وكان يُظن أن المواد المختلفة التي ترى على سطح هذه الكرة تتركب من مزيج المواد الأولية وكان يفترض

أن التراب والماء ينجذبان إلى أسفل بخاصية الجاذبية ولكن الهواء والنار على النقيض تماماً يميلان إلى الصعود لأن لهما خاصية الخفة. ومهما يكن من شيء فإن الهواء كان عليه حمل الجسيمات الأرضية والشوائب الترابية الممتزجة به، بحيث لا يرتفع أبداً بعيداً جداً، إذ كان يميل إلى التجمع قريباً من الأرض. بل إن الجاذبية لم ينظر إليها كما ينبغي فلم يكن يظن أن الأرض تجذب التفاحة إلى أسفل بل كان يفترض أن في داخل التفاحة شيئا يميل بها إلى الاندفاع نحو الأرض.

عرف أهل العلم في عصر دانتي أن العالم كرة وعندما رسموا صورتهم المثالية أو طريقة ترتيب العناصر تصوروا أن الجزء المركزي أو القلب الصلب للعالم كله هو كرة صلبة من الأرض، ذلك بأن عنصر الأرض أثقل من العناصر الأخرى ولذلك يكون في القاع. ثم تخيلوا أن هذه الكرة الأرضية الصلبة مغطاة تماماً بمحيط زجاجي أي أن كرة من الماء تغلف كرة الأرض الأصلية تماماً. وبعدئذ جاء الهواء أو الجو. وقد أحاط بالكرة الأرضية كالطاقية من كل جانب– بحيث صنع كرة أخرى. وأخيراً كان هناك خارج كل هذا كرة من النار لأن النار تميل بالطبع دائماً إلى الصعود والاندفاع نحو القمة بحيث تكون كرة أخرى حول البقية. كان ذلك نوع العالم الموجود كما قالوا في تلك الأيام، فارضين أن كل العناصر موجودة في مكانها الصحيح، وأنها جميعاً تجمعت في كراتها المناسبة. فقط سيكون عالماً ميتاً لأن التراب والماء والهواء والنار لن تجد حاجة إلى الحركة من مكان إلى آخر. ولا داعي لميلها إلى الحركة

في أي اتجاه، ونظراً لكونها في كراتها الصحيحة من قبل فستكون مستقرة في مأواها.

وقد حدثت الحركة في خط مستقيم لأن العناصر المختلفة كثيراً ما تكون في عالم الواقع خارج كراتها الصحيحة. ولو أننا عندئذ أخذنا – بدلاً من طريقة تنظيم العناصر المجردة أو صورة العالم المثالية المجردة– عالم الحياة الواقعية لوجدنا أن الناس في عصر دانتي كانوا يعتقدون أن العناصر المختلفة (وهي المواد الأولية الأربعة) ممتزجة متشابكة معا تكون المواد المختلفة التي نراها ونتداولها في الواقع. وكان معنى ذلك أن بعض العناصر تكون دائماً خارج كراتها الصحيحة مما أنشأ عالما نابض الحيوية تتهيأ فيه الفرص بين كثير من الحركة وميل الأشياء المرئية إلى الانحلال كلما تكسرت إلى أجزائها المختلفة. وأنت تستطيع في حالة بعض المواد أن تعصر منها الماء ويميل الماء عندما ينطلق إلى البحث عن مأواه الحقيقي فهو يميل إلى الانسياب نحو البحر. وبعض المواد تحتوي النار حبيسة فيها وعند احتراقها تجد هذه النار مهربها فتتصاعد إلى أعلى باحثة عن كرتها الحقيقية– باحثة عن المكان الذي تستطيع أن تستقر فيه.

وهناك حالة مخالفة بنوع خاص حيث خرج عنصر من كرته الصحيحة. ذلك أن الأرض في بعض الأماكن قد شدت في مكانها الصحيح في القاع وارتفعت فوق سطح المياه بوسائل خاصة كي تكون مأوى للناس. واعتقد دانتي أن هذه الحالة كانت في نصف الكرة الشمالي

فقط وأن الأرض شدت فوق مستوى البحر بتأثير النجوم الثابتة، وامتدت الأرض المرتفعة على هذا النحو من جبل طارق إلى نهر الجانج في الهند، ومن خط الاستواء جنوباً إلى الدائرة القطبية شمالاً. وكانت القدس المدينة المقدسة في مركز هذا العالم المعمور. وكان هناك رُحّل قالوا إنهم رأوا أرضاً في إفريقيا إلى الجنوب أبعد مما تحتمله هذه النظرية. ولكن دانتي كان نموذجاً لأصحاب التبرير عندما يصادف شيئاً يتعارض مع العلم الذي يعرفه. فقد تشكك فيما إذا كان الرحّل يقولون الصدق دائماً.

وينبغي أن تتذكر أن أوروبا الغربية في عصر دانتي –حوالي سنة ١٣٠٠ ميلادية– كانت تسترجع العلم والثقافة في الأزمنة القديمة ببطء، وكانت تتقدم في مشقة نحو استعادة الحضارة العالية التي عاشت في العالم الإغريقي والروماني، وظلت تعيش أيام العهد الجديد على الرغم من فقد أغلبها واختفائه قروناً بعد غارات بربرية متتالية أدت إلى انكماش الإمبراطورية الرومانية. إن أفكار دانتي المتعلقة بالعالم المادي هي في الحقيقة أفكار العالم القديم، وخاصة أفكار أرسطو الذي اعتبره دانتي أستاذ المعرفة وفيلسوفها العظيم. والحق أن التأثير الذي كان للسير إسحق نيوتن على عقول العلماء في القرون الحديثة شيء لا يقارن بتسلط أرسطو في ميادين العلم المختلفة، طيلة ألفي سنة، وإلى عصر السير إسحق نيوتن نفسه. وقد شاعت نظرية دانتي في الكون حتى في الأزمنة الحديثة –فيما عدا بعض التفصيلات البسيطة جداً– فهي التي عاشت حتى بداية القرن السابع عشر تقريباً.

وإذا كان القسم الأول من مجموعة الأبحاث في هذا الكتاب يتعلق إلى حد كبير بالثورة العلمية التي أدت إلى نشأة صورة العلم الحديثة والنظرية الحديثة في الكون– تلك الثورة التي وقعت في القرن السابع عشر على نطاق واسع، فإن علينا أن نتذكر أن هذه الثورة قد تخلت عن الأفكار الرئيسية التي اعتنقها العالم القديم والتي ظلت تعيش في العصور الوسطى، بل في القرون التي أعقبت النهضة الإيطالية. والحق أن الحملة كلها منذ عهد كوبر نيكوس إلى عهد نيوتن كانت موجهة ضد أفكار أرسطو والشكل الذي رسمه للكون. وعلى ذلك نحن نمتحن الآن نظام الكون ونظريته التي بدَّلتها الثورة العلمية. وسوف ندرس فيما بعد كيف اقتلع الناس علم القرون الوسطى والعلم الإغريقي القديم كله ونبذوهما مرة واحدة. إننا نكتشف في دانتي المبادئ الرئيسية التي كان على العلم الحديث أن يتجاهلها.

وهذه هي الحالة بعينها عندما نترك المجال الأرضي وكرة القمر المواجهة لنا ونمتحن صورة دانتي عن الكون كله ونظريته في هندسة السماوات وأعمال الأجرام السماوية. في تلك الأيام عجزوا عن تخيل سماء لا نهائية وتخيل النجوم الكواكب تتحرك في الفضاء. ولم يفهموا قط الطريقة التي يمكن بها أن تظل الأجرام السماوية في أماكنها الصحيحة في ظل نظام كهذا. ولم يصدقوا أن الأجرام يمكن أن تتجاذب مع بعضها البعض عبر الفضاء، ولم يتخيلوا شيئاً مثل نظرية نيوتن في الجاذبية. وكانوا قد تعلموا من أرسطو الإيمان بأن الأجسام لا يمكن أن تؤثر في بعضها البعض إلا بالتلامس

الحقيقي، وتصوروا بناء على ذلك أن النجوم والكواكب جميعاً لابد أن تكون متصلة بشيء. واستطاع الناس أن يروا فقط لمعان النجم أو الكوكب. وفي الحق أن الإنسان اليوم يمكن أن يرى المصباح الأحمر فقط في مؤخرة الدراجة، ونحن نعرف أن المصباح لابد أن يكون متصلا بالدراجة –لا سابحاً بعيداً عن هواه. وكذلك اعتقد الناس في عصر دانتي أن النجوم والكواكب لابد أن تكون متصلة بشيء آخر على الرغم من أن رؤية هذا كانت بالتأكيد غير ممكنة. وكان يظن أنها مثبتة في كرات بلورية في مجموعات متتالية منها– تحيط بالكرة الأرضية وتصنع مجموعة من السماوات. كانت صورة دانتي عن السماوات أنها تتركب من مجموعات من الكرات أو الأفلاك –واحدة داخل الأخرى– وعلى ذلك تكون الأرض الصلبة في مركز النظام كله. وهذه الكرات أو الأفلاك تصنع مجموعات متتالية من السماوات ولكن من الضروري أن تكون شفافة، وكان من المعروف حقاً أنها غير مرئية، وكل ما يمكن أن تراه هو النجم أو الكواكب متصلا بهذه الكرات أو الأفلاك الزجاجية. وقال دانتي إن الكوكب يشبه الجوهرة فوق الفلك، على الرغم من أن بعض الناس كانت لهم في هذا نظريات مختلفة. وفي القرن السادس عشر نجد رأياً يقول إن الكوكب يشبه غلظاً في مادة الفلك نفسه أو عقدة في قطعة من الخشب ويعكس الكوكب ضوء الشمس.

كانت هذه الأفلاك في الأصل ذات طبيعة لطيفة تكاد تشبه سائلاً أثيريا يتحرك بسهولة جداً دون احتكاك على الإطلاق وبغير وزن. ومع كل فقد تبلور التفكير مع الزمن وظن الناس أنها أفلاك زجاجية بلورية شفافة

ولكن لا ينفذ منها شيء. والواقع أن هناك معنى آخر تختلف فيه الأفكار العلمية في عصر دانتي اختلافاً جوهرياً عن أي شيء نراه في القرون الحديثة. فعلى الرغم من أن الأرض كان يظن أنها تتركب من أربعة عناصر كما رأينا، ظن الناس أن كل شيء في السماوات –الأفلاك والأجرام السماوية– يتركب من مادة أخرى أي جوهر خامس، وهو مادة خاصة لها صفة الكمال. وبينما يتعرض كل شيء على الأرض للتغير والانحلال فإن مادة السماوات لا تتغير ولا يأتيها الفساد. ولما كانت في فلكها الصحيح من قبل فلا داعي لميلها إلى الصعود أو الهبوط. وليس لها وزن أو خفة وهي إنما تتحرك فحسب كدائرة تدور، بينما تظل إلى الأبد في نفس المكان. ولهذا السبب كان لابد أن تقتصر كل الحركات التي تحدث في السماء –حتى حركات الكواكب غير المنتظمة– على نوع من الحركة الدائرية دائماً.

كانت هناك –تبعاً لرأي دانتي– عشر من الكرات أو السماوات التي وصفتها، أقر بها إلى الأرض تحمل القمر وتتعلق الزهرة بالكرة الثالثة بينما يتأثر على الكرة الثامنة كل النجوم الثابتة وتدور معها حول الكرة الأرضية. أما الكرة العاشرة الأخيرة منها فهي السماء العليا. ولكن الكرة التاسعة كانت كرة طريفة جداً، إذ لا يوجد دليل مرئي على وجودها. وعلى الرغم من ذلك قيل إن وجودها ضروري من الناحية المنطقية. وكانت تسمى المحرك الأساسي حيث إن وظيفتها تحريك السماوات جميعاً حول الأرض الساكنة كل ٢٤ ساعة لإحداث تعاقب الليل والنهار. ولما

كانت من الكرات الخارجية فقد كان معنى هذا أنه لابد من أن تتحرك بسرعة فائقة. وكان الناس يظنون أن هناك سبباً لاندفاعها هذا حيث إنها تالية للسماء العليا. ومنذ أخرج أرسطو هذا النظام الكامل أو ترتيب السماوات فإن الأرصاد الفلكية قد أدت إلى كثير من التصحيحات والارتباكات. ووجد الناس أن من الضروري إضافة شيء من التعقيد في الجهاز إذ كان واضحاً للراصد أن الكواكب لا تتحرك في دوائر منتظمة كما تُرى من الأرض، فبعضها يغير سرعته ويتبع مساراً غير منتظم ويبدو أحياناً ثابتاً في السماء، بل يبدو أحيانا راجعاً إلى الوراء. وعلى ذلك كان لابد من إضافة كرات جديدة فتعقدت الحركة وأصبحت تشبه حركة التروس في الساعة. فكوكب الزهرة مثلاً يتعلق على أحد الكرات، وبينما تتحرك تلك الكرة فإنها نفسها تركب كرة أخرى. وكان ضرورياً أن يوجد في مستهل العصور الحديثة أكثر من ثمانين من هذه الكرات تكون جهاز السماوات. ومهما يكون من شيء فقد كانت الأرصاد دقيقة إلى حد مدهش وكان الناس يجمعونها طوال القرون، حتى أمكن الوصول –في ظل هذا النظام الفلكي العجيب– إلى تنبؤات دقيقة عن أماكن الكواكب في المستقبل. وهناك في الكوميديا الإلهية لدانتي فقرة توضح إدراكه لخطأ التقويم الموجود بيوم واحد في مائة عام، وهي مسألة عولجت في القرن السادس عشر بإسقاط السنة الكبيسة مرة كل مائة عام.

وسوف يبدو أن شكل الكون كله أو صورته، وكذلك مبادئه الأساسية، تختلف تماماً عنها في العلم الحديث. إن الخلاف يدب في النظام كله

والجاذبية في رأي دانتي لا يمكن أن تنطبق إلا على الأرض والأجسام الأرضية. ولو أنك حملت حجراً بالقرب من كوكب بعيد فلن يقع على ذلك الكوكب بل يقع على الأرض مرة أخرى، لأن الأجرام السماوية لا علاقة لها بالجاذبية. والمواد العادية كلها تبغي الوصول إلى مركز الأرض لأن هذا أيضاً هو مركز الكون نفسه. وقد سرت نتائج هذا الفارق الأساسي خلال تفكير الناس كله وغيرت موقفهم من أمور كثيرة. إننا في الأزمنة الحديثة نظن القمر شيئاً رومانتيكيا، ولكنه في عصر دانتي تافه منخفض جداً في السماوات، قريب جداً من الأشياء الأرضية– والشمس هي التي تجعل دانتي رومانتيكيا على الرغم من أن الشمس تدور بالطبع حول الأرض الساكنة. ولا يرى دانتي الشمس مركزاً لشيء يشبه النظام الشمسي. ويكمن في مشكلة الحركة فرق من أعظم الفوارق بين دانتي والعالم الحديث وهو من أكبر العقبات التي كان على الناس أن يتخطوها قبل أن يستطيع العلم الحديث تثبيت أقدامه. وعندنا اليوم ما يسمى بخاصية القصور الذاتي التي نتصور تبعاً لها أن الجسم لو تحرك فسيظل في تلك الحركة في خط مستقيم، إلا إذا تدخَّل شيء يوقفه أو يهدئ سرعته أو يغير اتجاهه. وظن أرسطو –وهو يتمثل المشابهة مع حصان يجر عربة– أن الجسم لو تحرك فلابد أن يكون معه شيء يدفعه أو يجذبه طوال الوقت، ولم تكن لديه فكرة عن حركة الجسم بدافع من نفسه.

هذه النظرة تركت الباب نصف مفتوح لتدخل الأرواح منذ البداية. وما دام هناك شيء يتحرك فعليك أن تكتشف محركاً يؤثر فيه دائماً.

ويتصور دانتي أن هناك تدبيراً يجعل الكرات والأجرام السماوية في حركة مستمرة. ومن السهل إدارة السماوات لأنها مصنوعة من مادة خاصة بغير وزن أو احتكاك، والحركة الدائرية طبيعية بالنسبة لها كما رأينا. ولكن كان من المستحيل أن يتصور الناس شيئاً يمكن أن يحرك الأرض الصلبة الثقيلة وذلك في فيزياء أرسطو التي ظلت شائعة حتى القرن السابع عشر وكانت هذه العقبة في علم الفيزياء القديمة هي التي سببت أعظم العقبات أمام علماء القرنين السادس عشر والسابع عشر.

الفصل الثاني
لماذا تأخر العلم في العصور الوسطى؟

م. بوستان M. Postan
أستاذ التاريخ الاقتصادي في جامعة كمبردج

يتفق الناس عامة على أن العصور الوسطى حفظت علم القدماء لاستخدامه في الأزمنة التالية. وفي ذلك يكمن كل من النجاح والفشل العلمي لحضارة العصور الوسطى. وكانت المكاسب أكبر لأنها تمت بطريق غير مباشر، ذلك بأن الناس في العصور المظلمة لم يجدوا في الأماكن التي أقاموا بها في الإمبراطورية الغربية كثيرا من التقاليد العلمية مثل التي ورثها العرب في المقاطعات الشرقية. وقد وصل إليهم العلم من العرب واليهود فيما بعد، وعلى الأغلب في القرنين الثاني عشر والثالث عشر والواقع أن هضم الثقافة العلمية واقتباسها من أقوام غرباء تفصلهم عن الغرب في ذلك الحين مسافات بعيدة، كان كسبا عظيما. كان ذلك عظيماً ولكن الأمر لا يتجاوز هذا الحد. إن الذي تسلمته العصور الوسطى لم تزد عليه إلا قليلا. والواقع أن مشاركة أهل العصور الوسطى في تطور العلم بلغت من الضآلة حداً جعل مؤرخي العلم يميلون إلى اعتبار العصور الوسطى فترة توقف.

وغني عن البيان أن فترة التوقف لم تستمر بغير اختلاف أو تغير، فعلى مر القرون حسن رجال العصور الوسطى فنونهم العملية بعض

الشيء. وأضافوا قليلا إلى فهمهم للطبيعة. وكان تقدمهم في بعض الأزمنة –عند تحول القرن الثاني عشر والثالث عشر– عظيماً إلى حد يمكننا من الحديث عن النهضة العلمية أو البعث الجديد في العصور الوسطى. ونتيجة للبعث الجديد أصبحت المعرفة العلمية أكثر ثراء عن ذي قبل. وكانت الرياضيات حتى أوائل القرن الحادي عشر تقتصر على عمليات حسابية بسيطة ونظرية أولية في الأرقام البسيطة وبعض الفروض الجبرية المتخلفة من قبل عهد فيثاغورس واستخدام لوح الحساب، وربما اقتصرت على الكسور العشرية أيضاً. وكان علماء الرياضة عند نهاية القرن الثالث عشر يتناولون المسائل الكبرى في هندسة فيثاغورس ويقتربون من حل المعادلات التكعيبية بطريق المخروطات المتقاطعة، ويناقشون حساب المثلثات الكروي بل يقتربون في الواقع جداً من حساب التفاضل. في نفس هذه الفترة لم يكن المنجمون يعرفون فلك بطليموس عند القدماء فحسب ولكنهم عرفوا أيضاً خريطة السماوات ومسارات النجوم والكواكب– وبذلك مهدوا لثورة كوبر نيكوس العظيمة في الفلك. وبالمثل وقع الكيميائيون في العصور الوسطى بالصدفة على بعض الحقائق الجديدة عن خصائص المعادن والغازات. بل كان المصنفون للأحجار السحرية والأعشاب والحيوانات في العصور الوسطى قد مهدوا الطريق للتصنيفات العلمية العظيمة في القرن السادس عشر والسابع عشر. بل إن بعض المتطلعين من أهل العلم ذهبوا إلى أبعد من ذلك. لقد سمعنا جميعاً عن تشريح فردريك الثاني للحيوانات ولكن الظاهر أنه لم يكن وحده في هذا النوع من البحث، ذلك لأن المشرحين

والجراحين عند نهاية العصور الوسطى جمعوا شيئاً من معارف التشريح وقليلاً من الحقائق الأولية في فسيولوجيا الإنسان. ونجد بين حين وآخر رجالا يشتغلون باختبارات عملية تشبه التجارب الأولية.

ونحن نجد هنا وهناك فترات من التقدم التطبيقي في المجال العلمي، وعلى ذلك نجد ملاك الأرض في المرحلة الأولى من العصور المظلمة يكتشفون أو يطبقون نظاماً جديداً في أسلوب الزراعة عندئذ، ودورة المحاصيل بمحصولين أو ثلاثة واستخدام المحراث الثقيل العجلات، وفوق هذا كله، النظام الحديث في ربط الحيوانات من أكتافها. ولم يكن شيء من ذلك معروفاً للرومان أو لم يطبقه الرومان على نطاق واسع إن هم عرفوه. وفي نفس الفترة حلت الطاحونة المائية الكبيرة –المزودة أحيانا بعجلات تغيير السرعة– محل الطاحونة الأفقية الصغيرة من النوع المسمى بالنوع الأيرلندي أو النرويجي في كثير من بلاد أوروبا. ويحتمل أيضاً أن الفلاحين استخدموا طريقة أكفأ في تخطيط القرى وأسلوباً أفضل في تصريف المياه الزائدة. وربما استخدموا أنواعا أغزر من الزراعة وذلك خلال فترة استصلاح الأراضي بهمة في بلاد الفلمنك في القرن العاشر والحادي عشر، وفي شرق ألمانيا في القرن الثاني عشر والثالث عشر– وكذلك نجد مهارة تطبيقية عظيمة في صناعة التعدين وإنشاء وتحسين أدوات الحرب وخاصة أدوات الحصار. وكان هناك قبل هذا كله تقدم تطبيقي مستمر في أعظم الفنون العملية في العصور الوسطى –في العمارة– فقد تطور أسلوب العمارة في الفترة بين

القرنين العاشر والثالث عشر– بسرعة أكبر وتقدم شوطاً أبعد مما وقع خلال تلك القرون الأربعة أو الخمسة من هندسة عصر النهضة التي جاءت بين مباني العصور الوسطى وبين الإنشاءات الخرسانية– المسلحة في أيامنا نحن.

على ذلك حدث تقدم في المجالين الفكري البحث والتطبيقي. ومع كل فلو قابلنا بينهما وبين الحياة الشاسعة في العصور الوسطى، أو بين ما حققه العلم اليوناني والهيليني في القرن الرابع قبل الميلاد، أو النشاط العلمي للقرن السابع عشر، لبدت كل هذه المكاسب في العصور الوسطى ضئيلة جداً. فلماذا كان هذا الإفلاس إذن.

يمكن تقديم إجابات كثيرة عن هذا السؤال، ولقد سبق أن قيلت. ولكن أغلبها يتبلور في إفلاس حياة العصور الوسطى مما أحب تسميته بالدوافع العلمية. ويختلف طلاب العلم أحيانا حول الدافع الحقيقي للتقدم العلمي. يبحث بعضهم عنه ويجده في حب الاستطلاع الفكري عند الإنسان ورغبته في فهم أعمال الطبيعة. ويعتقد آخرون أن المعرفة العلمية تبعث ومازالت تنبع نتيجة لمحاولات الإنسان في تحسين أدواته وأساليبه في الإنتاج، أي أن الحقائق العلمية هي في إيجاز نتيجة للتقدم التطبيقي. ولست أريد هنا أن أنحاز إلى جانب في هذا الخلاف بالذات، ولكن الذي أود الإشارة إليه هو أن العصور الوسطى كانت سيئة الحظ من حيث فشل الدوافع الفكرية والعلمية تقريبا. وأيسرها تعليلاً هي الدوافع الفكرية. كانت العصور الوسطى هي عصر العقيدة وكانت بهذه

الصفة غير ملائمة للتفكير العلمي[1]. ولا يعني الأمر أن وجود العلماء كان ممنوعاً في ذاته. ذلك لأن تحامل الناس على أفكارهم العلمية كان نادراً جداً– نادراً لأن ذوي الأفكار الخطيرة أو الأفكار العلمية كانوا أنفسهم نادرين. والواقع أن وجود أي واحد منهم على الإطلاق أمر يدعو إلى الدهشة. ولا يعني هذا أنه لم يكن هناك عمالقة من أهل الفكر. وكل ما يعنيه أن رجال الفكر والروح –في عصر كان عصر عقيدة– وجدوا في أعباء العقيدة، شرحها وآرائها المختلفة والتمكن منها، عملا كافيا يستغرقهم. وصفوة القول أنه لم يكن لديهم أي فراغ لأعمال علمية. كان ينقصهم في الواقع الفراغ والرغبة، وحتى لو كان هناك عدد كاف من الناس يشتغلون بنشاط أرضي كالعلم فإن السبب الذي يدفعهم إلى هذا ضئيل جداً. وقد كانت الموضوعات الفكرية والأساليب العلمية أمورا كمالية وذلك في الأزمنة التي وقفت فيها المسائل الحتمية الدينية متكاملة صامدة في القرون الوسطى. إن غرض البحث العلمي هو بناء نظرية موحدة للكون شيئاً فشيئاً– عن أصل الكون وكيفية عمله: ولكن هل كانت هذه العملية ضرورية في العصور الوسطى؟ ألم يجد رجل العصور الوسطى في الله وقصة الخلق وعقيدة الإرادة الشاملة تفسيراً كاملاً عن كيفية نشوء العالم وتوجيهه وأساليب ذلك وأهدافه؟ فلماذا يبني الإنسان –في كد وجهد– بناء متشابكاً كان هناك منذ البداية واضحاً ظاهراً للجميع؟

---

(1) كانت هذه الفترة عند المسلمين في الشرق من أزهى عصور العلم– ظهر فيها كثير من قادة العلم ونوابغ العلماء أمثال ابن الهيثم وابن سينا والرازي وغيرهم المترجم.

هذا عن الدفع الفكري– أما الدافع العلمي فقد كان في مثل هذا الضعف تقريباً. فلم يأت التعمق في فهم الطبيعة من التحسينات التطبيقية. وأهم سبب لذلك أن التحسينات التطبيقية كانت قليلة جدا. لقد استمرت الحرف قروناً في العصور الوسطى دون تغير ملحوظ في أساليبها. فثبت روتين الزراعة في أكثر أجزاء أوروبا في العصور الوسطى ثبوت الأرض نفسها بعد فترة التطور الأولى العظيمة، أي بعد أواخر القرن الحادي عشر. وكانت هناك أحياناً فترات من التجديد في تاريخ الحدادة ومصانع النسيج أو الخزف. ولكنا لو أخذنا العصور الوسطى بصفة عامة لكان التقدم التطبيقي نادراً جداً وبطيئاً جداً.

ويقع أكثر اللوم في هذا على السياسة الاقتصادية في العصور الوسطى. فقد أصبح النشاط الاقتصادي على مر القرون محاطاً بشبكة هائلة من القوانين والتعليمات. وكانت التعليمات ضرورية في القرى حتى تضمن لأمراء الإقطاع أن يقوم المستأجرون منهم بسداد ديونهم، وتضمن كذلك حقوق الأفراد وواجباتهم في مجتمع القرية. وكانت هناك في أغلب المدن في أواخر القرون الوسطى تعليمات لتضمن الأسعار المعتدلة والأجور وتضع مستويات الجودة، وفوق هذا كله لتحمي السادة الأفراد من التنافس. ولكن مهما كانت هذه الأمور ضرورية أو محمودة، فقد جعلت التقدم التطبيقي عسيراً جداً، ذلك لأن القاعدة العامة أن القوانين كانت تبنى عند وضعها على الأساليب التطبيقية الموجودة فإذا وضعت القوانين وقفت في سبيل كل ما يأتي من تغيير.

فضلاً عن ذلك كانت روح الحماية متأصلة جداً، حتى إن الطرق الفنية في كل تجارة محلية كانت تعتبر سرية. لقد وصفت صناعة الطلاء بالذهب بأنها سر وكثيراً ما كانت كذلك. ولنضرب مثلا انتعاش صناعة الحرير في بولونيا، وهي صناعة شهيرة في كل أنحاء أوروبا كانت في مراحلها الأولى ترجع إلى كثير من العمليات الجديدة والأساليب التي تقلل من الجهد. ولكن من خصائص الصناعة التطبيقية في العصور الوسطى أن مكنة صناعة الحرير التي اخترعها بورجيسانو **Borghesano** في بولونيا عام ١٢٧٢ (والتي استخدمت بالتأكيد في صناعة الحرير البولونية في أواخر العصور الوسطى) لم تعرف خارج بولونيا حتى عام ١٥٣٨. ولم يتيسر تقليدها المتقن حتى تحايل رحالة إنجليزي على الحصول عليها في القرن السابع عشر. وكان الكثير من المهارة المحلية المتخصصة في بعض أجزاء أوروبا في العصور الوسطى يرجع إلى الحيطة البالغة في منع المعرفة عن الغرباء. وكانت من النادر لذلك السبب أن تمتد الصناعات ذات الأساليب المتقدمة كالتعدين والنسيج إلى أماكن جديدة إلا بالهجرة الجماعية ثم استقرار الناس الذين مارسوها.

لا عجب إذن في أن المعرفة التي شق الحصول عليها في مزاولة الصناعة كان من النادر أن تتسرب إلى ميدان العلم، بينما ندر أن يؤثر علم المدرسين على الطرق التطبيقية في الصناعة. وعلى ذلك تم اكتشاف الخواص الرئيسية للحديد ومرونته في فجر العصور الوسطى وقبلها، ولكن ليس لدينا ذكر "للياي الورقي" حتى القرن السابع عشر أو

الياي اللولبي حتى القرن الخامس عشر. وقد ظلت الأعمال المالية في التجارة والحكومة تستخدم الأرقام الرومانية المربكة، وذلك بعد ظهور الأرقام العربية في أوروبا بمئات السنين وبعد مائة وخمسين عاما على الأقل من ظهور المقالات الغربية الأولى التي تشرح فائدة الأرقام العربية في العمليات الحسابية. ومن ناحية أخرى ظل تطور الميكانيكا النظرية يتخبط في الخطأ نتيجة الفشل في استخدام فكرة الفراغ، وذلك لعدة قرون بعد استخدام المضخة –وخاصة صورتها الحاقنة المبسطة– في الصناعة. ولم تستطع الخبرة التي تجمعت واستخدمت في الأجهزة– الحربية في الغالب– والتي كانت تستخدم ضغط الماء والهواء أو تمدد الهواء الساخن والبخار– ولم تستطع تغيير النظرية الرسمية في الهيدروليكا أو اقتراح نظرية لتمدد الغازات أو الضغط الجوي. وعلى الرغم من استخدام الروافع المقوسة والمستقيمة في الإنشاءات منذ تاريخ لا يُعرف فإن الميكانيكا لم تتوصل إلى فكرة "عزم القوة" إلا عند نهاية القرن الثالث عشر تقريباً. وظلت الخبرة العملية عند الفلاحين ومربي الماشية في العصور الوسطى دون أي تأثير على نظرية البيولوجيا، كما ظلت خبرة عمال الصباغة وتقوية الأنسجة دون أي تأثير على النظريات الكيميائية. وقد ظل كل من العلم والصناعة التطبيقية في العصور الوسطى محصوراً في فلكه المحدود تماماً.

لا شيء– في الواقع يمثل حالة التوقف العام هذه في الصناعة التطبيقية أوضح من الاستثناءات التي سبق أن ذكرتها. وقد حدثت

التجديدات الزراعية العظيمة في أوائل العصور الوسطى في الوقت الذي كان فيه شعب العصور الوسطى يأخذ في النهوض -إن صح التعبير- وعندما كانت التنظيمات الاقتصادية وقوانينها لم تتشكل بعد. أما التجديدات الزراعية في العصر التالي كما هي عند الفلامنك والألمان في القرن الثاني عشر والثالث عشر فقد كانت جزءا من حركة الاستعمار، أي أنها كانت ممكنة فحسب لأن المجتمع كان ينهض من جديد. لقد حدثت الاكتشافات التطبيقية العظيمة في الحرف الصناعية عندما اتفق للصناعة إن كانت بعيدة عن متناول السلطة المحلية. وكانت الصناعة التطبيقية في الحرب في خدمة الأمراء ولم يرتبط الأمراء بالأغراض الاجتماعية أو الأهداف الاقتصادية لصناعة الطلاء بالذهب في القرون الوسطى. وقد كانت التغييرات التطبيقية العظيمة في صناعة النسيج الإنجليزية ممكنة فقط في القرن الرابع عشر نظرا لهروب الصناعة من المدن إلى القرى التي لم تمتد إليها سلطة البلديات. وفوق هذا كله كانت عمارة القرون الوسطى في أيدي البنائين الذي كانوا أحراراً بمعنى أنهم كانوا عمالاً مهاجرين يندر أن يتعرضوا للإشراف والرقابة الفنية بواسطة حكومات المدن. وفي المجالات الفكرية البحتة، كان ازدياد النشاط العلمي في أواخر القرن الثاني عشر والقرن الثالث عشر -أي فيما يسمى بنهضة العصور الوسطى- أمراً شاذا من بعض الوجوه. ومن الخطأ أن نرجع السبب إلى أثر الترجمة فقط. فإن الترجمة -فضلا عن بعدها عن تفسير النشاط العلمي- تحتاج هي نفسها إلى تفسير. كان العرب هناك منذ ثلاثمائة عام على الأقل ومعهم ترجماتهم للفلسفة

القديمة ولا يلزم أن تكون الاتصالات بهم في عام ١٢٥٠ أوثق منها في عام ٨٥٠ مثلا. ومع كل فليس هناك سيل متدفق من الترجمة يمكن مقارنته في القرون الأولى للعصور الوسطى وقرونها الأخيرة.

إذن كيف يمكن لنا أن نفسر الطوفان في القرن الثالث عشر؟ من المؤكد أنه لا يرجع إلى التجارة الإيطالية في الشرق أو الحروب الصليبية. وقليل من الترجمات جاء من الشرق وندر أن كانت الترجمات من عمل الصليبيين أو التجار الإيطاليين أو من كان في خدمتهم. كان من الواضح أن هناك سبباً أساسياً وفكريا مباشرا يعمل عمله. ذلك بأن الجو الفكري –إن لم أكن مخطئا– كان قد تغير. بل يجوز أن العقيدة عندئذ لم تستغرق كل اهتمام الناس وظهرت فجأة الاهتمامات السابقة بالشئون الأرضية والدنيوية من الناحية الأدبية والفلسفية معاً وسط ثقافة كانت لا تزال دينية. وظهرت في ميدان العقيدة نفسها حركات صغيرة من كل نوع تشمل حركات الجمعيات الدينية الأولى، وأدت إلى زعزعة الأفكار الموحدة أكثر من أي وقت مضى. وبدت الخلافات في نفس مراكز التعليم في العصور الوسطى، ولاح أن المجادلات الفلسفية تهز الأساس العميق للأفكار الحتمية. ومن خلال بعض مظاهر الخلاف البسيط تسللت احتمالات الشك الأعظم والريبة. فلا عجب أن وصف تين **Taine** الفرنسي المرحلة كلها بأنها مرحلة يدب فيها الشك. ونتيجة لشكوك القرن الثالث عشر والشكوك المشابهة في العصور التالية كان من المؤكد أن يظهر تيار من التطلع الفكري والاستعداد لإعادة الأسئلة

التي بدت مغلقة حتى ذلك الحين والبحث عن الإجابات من كل مصدر يستطيع الإدلاء بها. ولذلك جاء الاهتمام الجديد بالتعاليم الفلسفية والعملية عند القدماء، ولذلك جاء التلهف على التعلم من الإغريق والعرب، ولذلك تمت الترجمات أيضاً.

إن المكاسب التي تحققت بهذه الطريقة في أواخر القرن الثاني عشر والقرن الثالث عشر تبرز الحكم على العصور الوسطى بصفة عامة. إن رجال العصور الوسطى عجزوا عن أن يعملوا أكثر مما عملوا لأن الدافع العلمي كان ينقصهم. وقد حققوا ما حققوه في تقدم الفنون العملية للإنسانية وحفظ الثقافة القديمة ونقلها بقدر ما تخلوا عن الخصائص المتميزة للعصور الوسطى.

الفصل الثالث

كوبر نيكوس والكواكب

هربرت دنجل Herbert Dingle

أستاذ التاريخ وفلسفة العلم في جامعة لندن

إن البحث الذي أتناوله مثل ظاهر في التاريخ على النتائج الهائلة التي يمكن أن تتبع تغيرا طفيفا في طريقة نظرتنا إلى الأشياء. وثورة كوبر نيكوس –كما تسمى أحياناً– هي العلامة الكبرى على الخروج من عالم العصور الوسطى إلى العالم الحديث، والتحول من النظرة التي تبدو لنا الآن كأنها نظرة الأساطير إلى النظرة الواقعية في الآونة الحاضرة. ومع ذلك فليس فيها كشف كبير أو فكرة جديدة، ولم تُحدث تغيراً حاداً حتى في فلسفة صاحبها. وكل أهميتها يكمن فيما جعلته ممكنا. وسوف نحاول أن نرى كيف حدث هذا ولكن هيا بنا أولاً نلقي نظرة سريعة على كوبر نيكوس نفسه.

كوبر نيكوس واحد من أولئك العباقرة العالميين الذين تقدم العصور الأولى أمثلة كثيرة منهم. ولكن من النادر أن يظهروا في حياتنا الحديثة المعقدة. فقد كان رجل دين ورجل دولة: مدرساً، ومحامياً، وفناناً، وشاعراً، وطبيباً، ورجلاً اقتصادياً، ورياضياً، وفلكياً. كان كل أولئك، ولكن الفلك الرياضي كان غرامه المسيطر عليه إذا كانت كلمة الغرام هي الكلمة المناسبة

لمفكر وديع لطيف جداً. ولد في تورن Torun في بولندة عام ١٤٧٣. وبعد دراسة طويلة في جامعة كراكاو أولاً ثم في بولونيا وروما عاد في عام ١٥٠٦ وسنه ٣٣ عاماً لينهض بأعباء وظيفة القسيس في كاتدرائية فراونبرج. ومارس هناك –حتى وفاته عام ١٥٤٣– مختلف نشاطه كلما دعت الأحوال، ولكن كان في ذهنه دائماً تحسين نظامه الفلكي.

فما هو هذا النظام؟ كان الناس في عصره يعتقدون –كما تعرف– أن الأرض ثابتة في مركز كون من الكرات تدور بنظام تام حولها. وكانت الأجرام السماوية الشمس والقمر والنجوم والكواكب متصلة بالكرات. وقد أوضحت الأجرام بحركاتها وبطريقة غير مباشرة كيف تتحرك الكرات. إن حركة أي كوكب معين (كالمريخ مثلاً) ليست إلا محصلة حركة كثير من الكرات، لكل منها قطره ومحوره وسرعة دورانه وعلى ذلك ظهرت حركة المريخ غير منتظمة إلى حد كبير. ولكن لما كانت الكرات نفسها غير مرئية، فإن تلك الحركة كانت هي السبيل الوحيد الميسور للتعرف على عدد الكرات وخصائصها. ولذلك كانت مشكلة الفلك الأساسية هي الكشف عن الموائمة بين كرات تتحرك بانتظام، وتؤدي إلى حركات الكواكب المرئية. إن تطبيق هذه المشكلة على كل الأجرام السماوية قد شغل اهتمام الفلكيين طيلة ١٤٠٠ عام.

هذه النظرة للأمور لم تكن نتيجة للتخمين أو التحامل الأحمق، ولم يكن هناك في عهد الإغريق الأوائل نظام كهذا ينعقد عليه الإجماع في كل مكان، بل إن أول عنصر في النظام وهو مكان الأرض المركزي الثابت–

كان موضع التساؤل والجدل. ومن المؤكد أن الظواهر كانت توحي بأن الأرض ثابتة ساكنة ولكن بعض المفكرين –وخاصة أريستاركوس في القرن الثالث قبل الميلاد– كانوا يعتقدون أن الأرض لا تتحرك فحسب حول محور، ولكنها تتحرك في فلك حول الشمس، وأن ظهور الحركات في السماء نتيجة لحركات الأرض هذه ومع كل فإن بطليموس الإسكندري في القرن الثاني الميلادي ناقش الأمر كله مناقشة جدية، واهتم ببحث حركة الأرض المحتملة ولكنه نبذها لأسباب كانت تبدو له نهائية، وكانت بالنسبة لمعلوماته معقولة بالتأكيد. وكان هناك بعد ذلك اتفاق عام على أن الأرض هي مركز الكون. وزاد تعقيد النظام كلما زادت الكرات لتفسر عدم الانتظام الذي ظلت حركات الأجرام السماوية تكشف عنه.

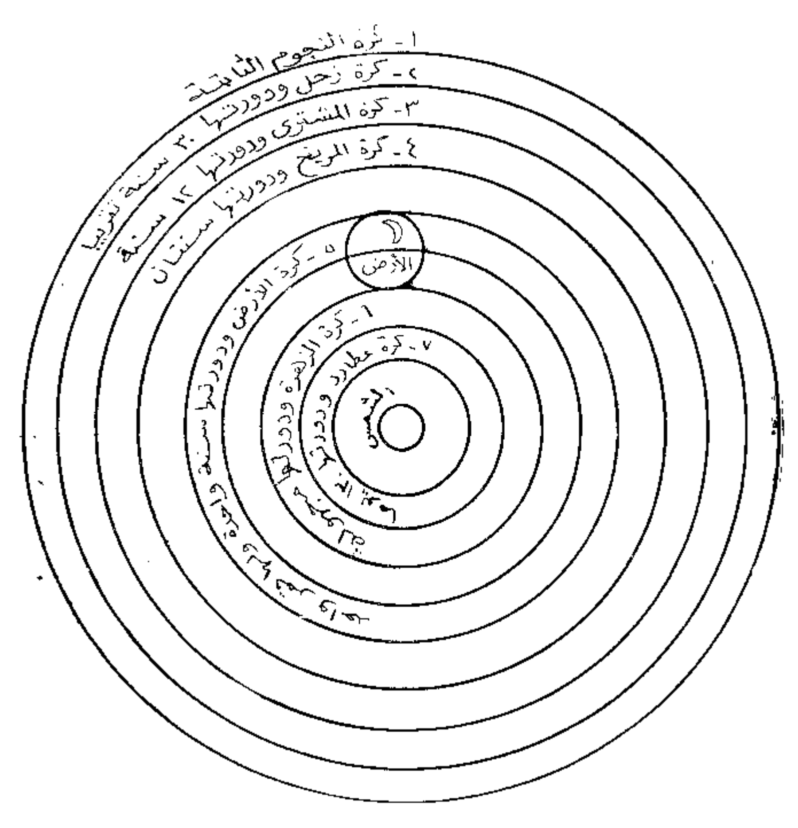
كان التعقيد المتناهي الذي انتهى إليه النظام في ختام القرن الخامس عشر هو الذي اعترض عقل كوبر نيكوس الرياضي. وكان من الضروري في ذلك الحين أن توجد ثمانون كرة "لتفسير المظاهر" كما قيل، أي تفسير الحركات المرصودة. ومع ذلك فلم تفسر الحركات جميعاً. ولاح لكوبر نيكوس أن الله وهو الذي أتقن كل شيء صنعاً يتنزه عن خلق مثل هذا الكون القبيح. وبناء على ذلك عاد كوبر نيكوس إلى الفكرة التي طال العهد برفضها وهي أن الأرض تتحرك ليرى إن هو أزال بعض الكرات فهل يمكن تفسير حركات الكواكب بنظام أبسط؟ وسرعان ما رأى أن هذا ممكن وظل قرابة ثلاثين عاماً يعمل بغير انقطاع لابتكار نظام جديد للكون. وكان يدون أفكاره بالرصاص على قصاصات الورق وهوامش الكتب بل على الحوائط،

حتى أكمل نظاماً لم يفسر فحسب كل ما فسره نظام بطليموس، وإنما فسر ذلك بدقة أكثر ومع أربع وثلاثين كرة فقط. وقص القصة جميعاً في كتاب كبير هو "حركات الكرات السماوية" **De Revolutionibus Orbium Caelestium** ونلاحظ أنه ذكر الكرات السماوية لا الأجرام السماوية، ويُقال إن النسخة الأولى أحضرت إليه وهو يرقد على فراش الموت.

وكثيراً ما قيل إن كوبر نيكوس خاف من نشر بحثه في أثناء حياته خوفاً من الاضطهاد، ولكن ليس هناك دليل على هذا. والحقيقة أنه نشر مسوداته موجزة في كتابه "التفسيرات" **Commentariolus** قبل وفاته بسنوات كثيرة وسمح لتلميذه ريتيكوس أن يطبع تقريراً أولياً عن النظام في عام ١٥٤٠. وفضلاً عن ذلك كان بحثه معروفاً جداً عند البابا والآخرين من علية القوم في مجالس الكنيسة الرومانية. وكان يدعو إلى إعجاب شديد. والذي أخّر كوبر نيكوس في الحقيقة هو خوفه من السخرية. في ذلك الوقت كان من الواضح جداً أن الأرض ساكنة بحيث أن أي إنسان يؤكد العكس سوف يصبح لا محالة موضعاً لنكات الحمقى. وكان كوبر نيكوس شديد الحساسية والتحرج من المخاطرة في هذا. ولذلك باح بأفكاره لأولئك الذين استطاعوا تقدير أسبابها فقط.

لماذا إذن أصبح بحثه بعد قرن من وفاته محط جدل من أعنف الجدل الفكري الذي عرفه العالم؟ السبب هو أنه على الرغم من بساطته وبراءته قد وجه الضربة القاضية في الحقيقة إلى نظام التفكير كله في العصور الوسطى، لأنه أصاب ذلك التفكير في أهم نقطة حيوية فيه. ومن

العسير علينا اليوم وقد أحاطت بنا من كل جانب فروع كثيرة مختلفة من المعرفة أن ندرك أن التفكير في العصور الوسطى كان وحدة واحدة. ذلك بأن الموضوعات التي نسميها الفلك والفيزياء والكيمياء واللاهوت وعلم النفس والفسيولوجيا وهلم جرا كانت ممزوجة عندئذ في نظام واحد. وكان عالم اللاهوت يقع خارِج الكرة السماوية الأخيرة كما يتبين في الشكل، ولم تكن النجوم كرات غازية بعيدة، ولكنها كانت تؤثر على أمزجة الناس وتتحكم بعض الشيء في أقدارهم. وكان للكواكب ميل إلى المعادن الأرضية. كما أن الأجسام الإنسانية كانت تمثل الكون على نطاق مصغر. وقد سبق أن علمت مثلا في الفصل الأول من هذا الكتاب أن المفكرين في العصور الوسطى كانوا يظنون أن كل شيء نسميه مادة يتركب من أربعة عناصر هي التراب والماء والهواء والنار ممزوجة بدرجات مختلفة. فالماء يزيد في السوائل مثلا، ويزيد التراب في المواد الصلبة. وأمزجة الإنسان كانت بالمثل تتركب من أربعة "أخلاط" ممزوجة بدرجات مختلفة. وأنت تكون –تبعاً لزيادة أحدها– بلغميا أو صفراويا أو دموياً أو سوداوياً. وعلى ذلك كانت الأخلاط



صورة الكون في رأي كوبر نيكوس (١٥٤٣)

بالنسبة لما نسميه عالم العقل– تمثل دور العناصر في عالم المادة. وكان التلازم قريباً جدا، حتى إنك تذكر ما قاله شكسبير عن بروتس على لسان أنطوني: "العناصر... إنها ممتزجة فيه حتى لتستطيع الطبيعة أن تنهض واقفة وتقول للعالم أجمع "هذا رجل". في الحقيقة لم يكن هناك شيء يمس حياة الناس عندئذ، أو فيما بعد، دون أن يرتبط بنظام الأشياء جميعاً. اقلب آلة الفلك رأساً على عقب وعندئذ تحطم كيان التفكير كله. ويبدو الآن للوهلة الأولى أن كوبر نيكوس لم يفعل

شيئاً يقلب آلة الفلك في أية نقطة أساسية. حقيقة وضع الشمس لا الأرض في المركز وجعلها أساساً ثانياً، ولكن التنظيم الأساسي كان لا يزال موجوداً. أعني أن كرات السماء التي تتحكم في النجوم والكواكب كانت لا تزال هناك تؤدي حركاتها الموحدة الأبدية. وكان يبدو أن نظرة كوبر نيكوس ببساطتها تدعو إلى تدعيم فلسفة ترى العالم كله في النهاية تعبيراً ن حكمة الله. ولكن الواقع أنها لم تفعل شيئاً من هذا القبيل. إنها على العكس حطمت نظام الاعتقاد كله.

كي نرى كيف كان ذلك، دعنا نسأل أنفسنا لماذا افترض الناس أصلاً وجود الكرات. إنها لم تكن مرئية أو مشاهدة بطريقة ما، فلماذا اعتقدوا أنها هناك؟ إنك لو تصورت الأرض ساكنة وراقبت السماء بضع ساعات فلن تجد مشقة في الإجابة عن هذا السؤال. سترى مجموعة من النجوم تتحرك جميعاً في دوائر حول محور واحد بسرعة واحدة دقيقة، هي دورة واحدة في اليوم تقريباً. ولا يمكن أن تعتقد إذن أن كل نجم يتحرك مستقلا عن النجوم الأخرى، وأن حركتها تحدث لتحفظ هذه العلاقة بين بعضها البعض. ولن يشك عاقل في أنه يرى دورة كرة واحدة تتصل بها النجوم جميعاً. فإذا كان للنجوم كرة فإن الشمس والقمر والكواكب –ولها نفس الحركات تقريباً– سوف تتحرك عندئذ بنفس الطريقة. وعندما تقرر بناء على ذلك وجود الكرات، واتفق عليها الناس دون شك قرناً بعد قرن، لم يعد الناس يفكرون في الأسباب التي دعت إليها، ولكنهم وثقوا بها كأنها الحقائق التجريبية، بل إن كوبر نيكوس

نفسه –على الرغم من تأملاته سنوات طويلة في مسائل الفلك الرئيسية لم يحلم قط بالشك في وجودها. لكنك ترى في الحقيقة أنه هدَّ أساسها كله. ففي نظامه انتقلت حركات النجوم– التي كانت وثيقة الصلة جداً ببعضها البعض إلى الأرض. فإذا كان الأمر كذلك، فلماذا نفترض أن النجوم تتصل بالكرة؟ إن المنظر واحد لو لم تكن هناك كرات، حتى لو كانت النجوم على مسافات مختلفة، بشرط أن تكون تلك المسافات شاسعة جداً. في الحقيقة لم يكن هناك سبب يبرر عدم امتداد الفضاء إلى الخارج بغير حد حيث تتأثر النجوم عشوائياً في المدى كله. وإذا لم يكن للنجوم كرة فلماذا يكون للكواكب كرات؟ لقد كان لهذه الأفكار أن تظهر عاجلاً أو آجلا، وقد ظهرت بالفعل. فبعد قرن من وفاة كوبر نيكوس ذكر برونو **Bruno** عقيدته في كون لا نهائي لا مركز له وكانت النجوم التي لا تحصى فيه شموساً. ونبذ كبلر **Kepler** الحركات الدائرية مع ما تتطلبه من الكرات، ووصف مدارات الكواكب بأنها بيضاوية (ذات قطع ناقص). ورأى جاليليو **Galeleo** بمنظاره المقرب سكة التبانة[٢] تحقيقاً لرأي برونو. واكتشف أقمار المشتري التي كانت لابد أن تتحرك من خلال كرة المشتري لو كانت له كرة. والخلاصة أن الناس نبذوا فكرة الكرات تماماً وانهار معها صرح التفكير كله في العصور الوسطى.

---

[٢] يمكن مشاهدة بعض أجزاء سكة التبانة (أو طريق اللبن) في السماء كأنها قطع من الغمام السماوي فسيحة ممتدة وتبدو أكثر وضوحاً في الصباح الباكر زمن الصيف (المترجم).

ومن العسير علينا اليوم أن نتصور أثر مثل هذا التغيير على عقول المفكرين في القرن السادس عشر. ويندر أن يحدث شيء مشابه له مرة أخرى، لأن معرفتنا الآن –كما سبق أن ذكرت– تنقسم إلى أقسام كثيرة جداً إلى حد أنه مهما يحدث من تغير أساسي في أحدها فسيترك معظم الأقسام الباقية دون أي مساس تقريباً. ولكن ثورة كوبر نيكوس قلبت كل شيء– نظام التفكير كله في العصور الوسطى. وذهبت مع الكرات سماء مخصصة لأرواح المؤمنين، وأصبح التمييز بين المادة السماوية ومادة سطح المواجه لنا، والحركة شيئاً لا معنى له. وأصبح مكان الإنسان كله في النظام الكوني مزعزعاً.

خذ التنجيم، وهو الاعتقاد في أن تفاصيل أمزجة الناس ومستقبلهم تتأثر إلى حد كبير بحركات الأجرام السماوية. لقد انحط هذا عند منتصف القرن السابع عشر من مرتبة العلم المعروف في الماضي إلى مرتبة الخرافة في ذلك الحين، على الرغم من أن الجهال كانوا يمارسونه طبعاً. هل تعرف لماذا؟ ها هنا أسباب التأييد للتنجيم. لقد كان من سوء الأدب أن يفترض الناس أن الله يخلق أجساماً عديمة الفائدة. والإنسان مركز الخلق، ونتيجة لذلك صار للكواكب معنى إنساني، أي تأثير على الإنسان، يكون من المنطق أن نحاول اكتشافه. فلما ظهرت الأرض مجرد كوكب ضئيل لنجم ضئيل في حشد لا نهائي من النجوم، وأن الإنسان ليس مركز الخلق، انهارت الفكرة على الفور من أساسها. لماذا يكون للكواكب تأثير على شئون الناس في نظام كهذا؟ قد يكون لها

عمل آخر أهم بكثير لا ندري عنه شيئاً. لا عجب إذن في أن التأثيرات البالغة لفكرة كوبر نيكوس تعرضت –بعد أن بانت بجلاء– لكل أنواع المقاومة الممكنة في ذلك الحين. وكان حتماً أن تظهر فكرة كوبر نيكوس في البداية مدمرة خالصة– مدمرة لكل شيء يستحق الحفاظ عليه. ونحن اليوم نراها في ضوء آخر، فهي ليست مجرد نهاية عصر فكري ولكنها تهيئة ضرورية لعصر آخر، هو عصر العلم الذي نغرق فيه اليوم تماماً. ولم يكن كوبر نيكوس نفسه منشئ العلم الحديث بأية حال. لقد كانت نظرته هي نظرة العصور الوسطى تماماً. ولو أنه استطاع التنبؤ بما سيكون لعمله، لتراجع في فزع هائل –فيما نعتقد– بعيداً عن المسئولية التي يحسها، ولكن الذي فعله هو أنه مكن الفلسفة العلمية الجديدة من الظهور.

إن الذي حدث هو ما يلي في إيجاز. لم يتبادر إلى عقول الناس سؤال يتعلق بمعنى الحركة فيما بين عهد بطليموس وكوبر نيكوس. وكان من الواضح أن الجسم يتحرك لو أنه بغير مكانه بالنسبة للأرض، وهو ساكن فيما عدا ذلك. أما بعد كوبر نيكوس فقد وجب عليك –مهما يكن رأيك– أن تعتبر احتمالاً آخر لمعنى الحركة، أي تغير المكان بالنسبة للشمس. إنك اتخذت قرارك ودافعت ضد الفكرة الأخرى، ولكنك عرفت على الأقل أن تلك الفكرة احتاجت إلى مناقشة تهزمها ولم تكن سخافة بينة. هذا الموقف بالضبط هو الذي مكن جاليليو عند بداية القرن السابع عشر من إذاعة رأيه في الحركة المحلية التي أصبحت

أساس العلم. ولو كان لديك –طبقاً لهذا الرأي– أي عدد من الأجسام تتحرك جميعاً بسرعات ثابتة مختلفة فإنك تستطيع اعتبار أي واحد تختاره منها ساكناً. ومن الحذلقة أن يسأل أحد عن الجسم الساكن حقيقة لأن المسألة كلها مسألة تبسيط للموضوع.

مثل بسيط يمكن أن يعطينا فكرة عن التبسيط الذي طرأ على دراسة الحركة. إذا كنت في قطار يتحرك حركة منتظمة بسرعة ٦٠ ميلاً في الساعة فإن كل شيء يحدث كما لو كنت جالساً في حجرة الجلوس في بيتك. تستطيع أن تقرأ وتكتب وأنت مستريح، ويمكن أن تقذف كرة في الهواء ثم تلقفها عند نزولها. وبناء على ذلك قال جاليليو إن من الممكن أن تعتبر القطار ساكنا. ولو أنك تمشيت في الممر بسرعة عادية فمن الممكن أن تقول صادقاً تماماً إنك تمشي بسرعة ٦ أقدام في الثانية أي بسرعة المشي العادية وهي حوالي ٤ أميال في الساعة. ومهما يكن من شيء فإن مثل هذا الكلام لم يكن مصدقاً قبل كوبر نيكوس أي كان المفروض عندئذ أنك تمشي في الثانية ٩٤ قدماً لا ست أقدام. أعني أن حساب سرعتك يكون بجمع سرعة مشيك (٦ أقدام في الثانية) وسرعة القطار (٨٨ قدماً في الثانية) وليس الحساب في هذه الحالة صعباً، ولكنك عندما تأخذ في الاعتبار أجساماً كثيرة تتحرك في اتجاهات مختلفة بسرعات مختلفة ليست كلها منتظمة، فإن التعقيدات الناتجة – لو خفضت السرعات جميعاً بالنسبة للأرض– سوف تجعل اكتشاف أية قوانين للحركة شيئاً مستحيلاً على الإطلاق.

استفاد نيوتن من الحركة التي جاءت بها هذه الفكرة كما ستقرأ في فصل تال. وعندما كان يبحث حركة الكواكب اعتبر الشمس ساكنة مثل كوبو نيكوس، ولكنه عندما كان يبحث سقوط التفاحة على الأرض اعتبر الأرض ساكنة كما زعم معارضو كوبر نيكوس. واستطاع عندئذ أن يبين أن نفس القانون العام للجاذبية يسري على الكواكب والتفاحة. واستطاع أن يبني على مبدأ جاليليو القوانين العامة للحركة التي يرتكز عليها كل ما جاء بعد ذلك من العلم. وليست للقصة نهاية حتى الآن لأننا لا نستطيع أن نتصور ما يأتي به العلم من التطورات القادمة. ولكننا –على كل حال– نعرف من طبيعة العلم نفسه أن من الضروري أن ينبع مما سبق قبله. وعندما تسمع في المستقبل بالمعرفة الجديدة التي تخرج إلى عالم النور –ولعلك تساهم في اكتشافها– تذكر أنها كانت ممكنة جميعاً نتيجة لأفكار إنسان ظن أنه يبسط نظام العالم المقرر فغير مجرى التفكير في العالم إلى الأبد.

الفصل الرابع

بيكون والطريقة التجريبية

الدكتور/ س. د. برود

C.D. Broad, Litt. D., F.B.A

أستاذ الفلسفة الأخلاقية في جامعة كمبردج

سأبدأ بإعطائكم صورة موجزة جداً عن حياة بيكون حتى تكون لديكم فكرة عن الرجل والمجتمع الذي عاش فيه. ولد في يورك هاوس– ستراند بلندن York House, Strand في يناير عام ١٥٦١ أي بعد حوالي عامين من تولية الملكة إليزابيث العرش. وكان أبوه نقولا بيكون ناظراً للخاصة الملكية، وأمه هي آن كوك التي كان أبوها مدرساً للملك إدوارد السادس. وعلى ذلك يمكن القول بأن عائلة بيكون كانت تنتمي إلى الطبقات العليا في الحياة المدنية. وكان بيكون صبياً لامع الذكاء مبكر النبوغ وكثيراً ما كانت الملكة إليزابيث تتمتع بالتحدث إليه. وقد أرسل إلى جامعة كامبردج طالبا في كلية ترينيتي في سن مبكرة جدا هي الثالثة عشرة، وتركها بعد عامين ثم أخذ في دراسة القانون وأصبحت المحاماة مهنته. واستخدمته الملكة كثيراً في الأعمال القانونية والسياسية ولكن يبدو أنها في الحقيقة لم تكن تحبه أو تثق به، فلم يتول منصباً هاماً في أثناء حكمها. وتقدم بيكون تقدماً سريعاً بعد تولي الملك جيمس الأول عام ١٦٠٣ فقد كان الملك عظيم الإعجاب به فأصبح بيكون

ناظراً للخاصة ومديرا للديوان الملكي، وفي عام ١٦٢٠ أصبح لقبه فايكونت سانت البانز. كان عندئذ رجلاً عظيم الثراء، ولكن مأساة كانت تقترب. كان بيكون قليل الاكتراث دائماً بالمال مبذرا في معيشته. وكان يخضع لعادة شائعة في أيامه هي قبول الهدايا من المتقاضين، على الرغم من تأكيده دائماً بأنه لم يدع ذلك يؤثر في أحكامه القانونية. وأياً كان نصيب هذا من الصحة فقد حوكم في قضية رشوة واعترف بإدانته، وكان عليه أن يدفع غرامة قدرها ٤٠,٠٠٠ جنيه (وهو مبلغ هائل) في تلك الأيام، وفقد وظيفته وأبعد عن البلاط. وحدث هذا عام ١٦٢١ ثم عاش بيكون خمسة أعوام أخرى رجلاً محطماً ومات في إبريل عام ١٦٢٦. وقيل عن مرضه الأخير إنه نشأ عن نزوله من عربته في جو ثلجي البرودة كي يختبر تأثير الحرارة المنخفضة في حفظ لحوم الطيور.

وعلى الرغم من أن بيكون كان محامياً وسياسياً قديراً ناجحاً إلى حد ما، إلا أن ميوله لم تتجه إلى هذه الأعمال. كان اهتمامه الأساسي أن يكتشف ويذيع طريقة عامة يستطيع بها الناس معرفة تركيب المادة وقوانينها الخاصة معرفة علمية، فيمكن بهذا أن تزداد سيطرتهم العملية على الطبيعة دائماً. ورأى أن هناك حاجة إلى تنظيم هائل للبحث حتى يجمع البيانات التي يستخلص قوانين الطبيعة منها بأساليبه وأن الأمر سوف يحتاج إلى استخدام عدد هائل من الرجال والنساء من مختلف المستويات، وأبنية وأجهزة باهظة التكاليف. كل هذا سيكون فادح الثمن. وكان الأمل الوحيد في الحصول على القدر الكافي من الأموال والسلطة

والمكانة اللازمة للبدء في مثل هذا النظام والاستمرار فيه هو أن يكون بيكون نفسه رجلاً غنياً، وأن يغري الملك والنبلاء الأقوياء ورجال الكنيسة بمساندته. وفي سبيل هذا كان عليه أن يغض الطرف عن مخازيهم وحماقاتهم وأن يشبع نزواتهم ويستغل بالنفاق نواحي ضعفهم. وكان بيكون محكم الخطة فحلل فنون النجاح الدنيوي، ومارسها بدقته المعهودة وصبره. وأنا أعتقد أنه مثل كثيرين من المثاليين الأذكياء بدأ يبحث أساساً عن الثراء والقوة كوسيلة لهدف غير شخصي عال، ولكنه انزلق تدريجياً إلى البحث عنها لذاتها. وأظن أيضاً أنه لم يكن شديد المهارة كما هي الحال عند معظم هؤلاء الناس– وأن الذين استخدمهم بيكون واستخف بهم لم يكونوا أغبياء كما تصور وأنهم –بعد أن عرفوا بيكون– فقدوا ثقتهم فيه إلى حد يفوق ما قدّره.

وإذا كان لنا أن نقدر أصالة بيكون وبعد نظره وشمول نظرته، ونعدل في الحكم على قصوره وأخطائه، فلابد من النظر إليه بالنسبة لمستوى العلم في أيامه لا مستوى العلم في أيامنا. فلم يكن علم الديناميكا الأساسي موجوداً مثلاً. إذا أنشئ في عصر بيكون– بواسطة جاليليو (١٥٦٤– ١٦٤٢) الذي اخترع المنظار المقرب (التليسكوب) أيضاً، ولاحظ به بقع الشمس وعدم انتظام سطح القمر. وكان لا يزال في الفلك رأي يقول إن الأرض هي المركز الثابت للكون، وإن الشمس والكواكب تدور حولها، وإن الكواكب تدور في مدارات معقدة. وقد تم اكتشاف القوانين الأساسية الثلاثة لحركة الكواكب بواسطة كبلر

Kepler (١٥٧١– ١٦٣٠) في عهد بيكون كما قدم نيوتن بعد وفاة بيكون بزمن طويل –أول مثل على نظرية علمية بالمعنى الحديث على نطاق واسع، وذلك بشرح تلك القوانين وربطها بظواهر سقوط الأشياء من خلال نظريته في الجاذبية الكونية. واكتشف جيلبرت (١٤٥٠– ١٦٠٣) وهو من أكبر معاصري بيكون– بعض الحقائق الأولية عن المغناطيس الطبيعي، ولكن وجود الكهرباء لم يكن معروفاً، وعلاقتها بالمغناطيسية لم تكن متوقعة. ولم تخرج الكيمياء إلى حيز الوجود – كعلم لا كمجرد عدد من الوصفات– إلا بعد ١٥٠ سنة أخرى. وأجمع أهل العلم عامة على نظرية أرسطو دون شك فيها؛ وهي أن الأجسام الأرضية تتركب من العناصر الأربعة التراب والهواء والنار والماء، وأن الأجرام السماوية تختلف أساساً إذ تتركب من عنصر خامس راق.

يقابل هذا النقص في المعرفة العلمية نقص في قوة السيطرة على الطبيعة. وكانت الأجهزة الميسورة للحصول على الطاقة الميكانيكية هي التروس والعجلة المائية وطواحين الهواء. وكانت وسيلة النقل البري كله هي المشي أو الحصان. وكانت كل وسائل النقل المائي هي مراكب التجديف أو المراكب الشراعية. وكان الناس دائماً تحت رحمة النقص في الطعام أو زيادته محلياً أو موسميا. تجتاحهم الأوبئة الدورية التي لا يفهمون أسبابها ولا يملكون الوسائل المعقولة لكفاحها. وتأثر بيكون بهذا العجز ونتائجه الشريرة، ولم يكن له أن يتنبأ بما تعلمناه منذ ذلك الحين، وهو أن إساءة استخدام الناس للقوة التي يمنحها العلم قد تجلب عليهم شروراً أعظم مما

عانوه عندما كانوا مجردين من قوة العلم أمام القوى الطبيعية.

اقتنع بيكون تماماً بأن الجهل بالطبيعة وبالتالي ضعف السيطرة عليها –الأمر الذي شاع منذ الأزمنة الأولى حتى عصره– لم يكن على الإطلاق شيئاً حتميا. فلم تنشأ هذه الأمور عن قصور أساسي في العقل البشري ولا عن خلو الطبيعة من القوانين وتعقيد فيها يستعصى على الفهم، وإنما نشأ ذلك عن سبب واحد فقط هو استخدام طريقة خاطئة. وكان واثقاً من أنه يعرف الطريقة الصحيحة وأنه لو أمكن إحلالها وتطبيقها في مجال كبير بما فيه الكفاية، فلن يكون هناك حد للزيادة الممكنة في المعرفة الإنسانية وسيطرة الإنسان على الطبيعة. وإذا عدنا إلى النظر في هذا الموضوع رأينا بيكون على حق. وربما خيل إلينا أن الأمر واضح ولكنه لم يكن واضحاً أبداً في ذلك الحين، وإنما كان على العكس عملا رائعاً من التأمل والإيمان المعقول أمام المظاهر الحاضرة والتجربة الماضية.

ما هو الخطأ في الطرق المستخدمة حتى عصر بيكون؟ كانت العيوب الأساسية كما رآها بيكون بوضوح هي العيوب التالية. أولا كان هناك انفصال تام تقريباً بين النظرية والملاحظة والتجربة والتطبيق العملي. وقد أجريت كثير من التجارب واكتشفت بعض القواعد التجريبية أو الوصفات التي لا ترابط بينها. ولكن التجارب الأخرى كانت تُجرى أساساً بواسطة الكيميائيين وأدعياء الطب. وكثيراً ما كان هؤلاء من الدجالين أو المتعصبين المتهوسين.

حتى الأمناء والعقلاء كانوا يجرون تجاربهم وقد وضعوا نصب أعينهم غاية عملية مباشرة مثل تحويل الرصاص إلى ذهب أو اكتشاف عقار عام لكل الأمراض. ولم يهتدوا بأية نظرية عامة ولم يحاولوا اكتشاف القوانين العامة السائدة والتركيب الدقيق للمادة. كانوا يعملون في عزلة ويحفظون نتائجهم سراً بدلا من تداولها. ورأى بيكون أن العلم غاية في ذاته، وأنه سبيل للسيطرة الهائلة على الطبيعة التي اعتقد أنها ممكنة للعلم. وظن أن فشل علم الفيزياء المعاصر في أية تطبيقات عملية مفيدة كان علامة على خطأ طريقة العلم، وكان راسخ الاعتقاد في أن قصر نظر العلماء في الاشتغال بهذه المشكلة المنفردة أو تلك، يضيع جهودهم. فكان يظن أن الأولى بهم أن يتوفروا على اكتشاف القوانين الأساسية وتركيب المادة بواسطة التجارب المناسبة والمنطق الملائم. عندئذ، وعندئذ فقط، يمكن أن يحقق العلماء تطبيقات عملية لا حصر لها، مع نجاح مؤكد تماماً. وإذا تأمل أي إنسان كيف أن تطبيقاتنا الحديثة في المغناطيسية الكهربية والكيمياء والطب تعتمد على البحث النظري لفاراداي وماكسويل ودالتون وأفوجادرو وباستير على التوالي، فسوف يرى في هذا مدى صواب بيكون.

العيب الثاني الذي وجده بيكون في علم زمانه كان في الجانب النظري. وفي خلال القرن الثاني عشر –عندما أفاقت أوروبا من عهد البربرية وعاد الناس يهتمون بالطبيعة الخارجية اهتماماً علمياً– حدث أن اكتشفت من جديد أبحاث الفيلسوف الإغريقي أرسطو في الفيزياء، واتفق

أيضاً أن أكبر مفكري العصور الوسطى وأعظمهم تأثيراً وهو القديس توماس الأكويني Thomas Aquinas (١٢٢٦- ١٢٧٤) أصبح من أنصار أرسطو ومريديه المتحمسين. كان القديس توماس مجدداً جريئاً، وكان عليه أن يواجه معارضة قوية، ولكن فيزياء أرسطو ومنطقه كانا أفضل من أي شيء آخر ميسور في ذلك الحين. كما كان القديس توماس أقدر كثيراً من معارضيه وبذلك انتصرت تماماً أساليب أرسطو وأفكاره. منذ ذلك الحين تم الاتفاق عليها دون نقد، وانحدرت من جيل إلى آخر. وأقر العلماء جميع المسائل لا ببحث الحقائق المشاهدة، ولكن بالرجوع إلى مكانة أرسطو المنزهة، تماماً كما يرجع الشيوعيون اليوم إلى تلك المكانة المنزهة لماركس وانجلز ولينين. هذه الحالة كانت كارثة حتى لو صحت آراء أرسطو في علم الفيزياء وعلى الرغم من أن أرسطو كان رجلاً عظيماً جداً إلا أن قوته الفكرية كانت في التاريخ الطبيعي وبعض فروع المنطق الاستنباطي. ولم يكن رياضياً وكانت نظرياته في الفيزياء والفلك أقل بكثير من نظريات بعض الفلاسفة الإغريق الآخرين.

اتهم بيكون -بالحق- أهل العلم في عصره بأنهم يوافقون عالماً يسوق المبادئ العامة بغير تحرز، تلك المبادئ التي وصل إليها أرسطو نفسه وهو يتعجل التعميم دون تمحيص نتيجة لملاحظات قليلة سطحية. واستخدم أهل العلم هذه المبادئ كمسلمات ثم تقدموا الاستنباط النتائج عن الطبيعة وإثارة الخلافات الطويلة فيما بينهم بواسطة منطق أرسطو المفضل، الذي يسمى الاستدلال القياسي. والقضية التالية مثل على

الاستدلال القياسي الصحيح. كان معدن موصل جيد للحرارة وكل موصل جيد للكهرباء معدن، إذن كل موصل جيد للحرارة موصل جيد للكهرباء، وبعض القضايا في الاستدلال القياسي صحيحة وبعضها خاطئة وقد وضع أرسطو القواعد للتمييز بين القضايا القياسية الصحيحة والخاطئة وكان هذا كسباً كبيراً جداً، ولكنه راق لأرسطو كثيراً، وجعله يبالغ في أهمية الاستدلال القياسي. أما الذي فشل فيه أرسطو فهو وضع قاعدة للتعميمات مثل كل معدن موصل جيد للحرارة، وهي التعميمات التي نحتاج إليها كمسلمات قبل البدء في أية قضايا للاستدلال القياسي.

رأى بيكون أن منطق الاستدلال القياسي مهما يكن مناسبا للإيقاع بخصم في المحاكم أو البرلمان فإنه عديم الجدوى تماما في اكتشاف قوانين الطبيعة وتطبيقها في حل المشكلات العملية. وكان المطلوب طريقة يمكن أن نرتفع بها في بطء وحذر من الحقائق المشاهدة إلى تعميمات أشمل وأعمق، على أن تختبر كل تعميم من هذا القبيل في كل مرحلة بالبحث المتعمد عن الاستثناءات الممكنة فيه. وعلى ذلك نرفض التعميم أو نعدّله إذا وجدنا في الحقيقة مثل هذه الاستثناءات.

تلك العملية تسمى الاستقراء. وعرف بيكون تماماً أن الناس بالطبع– ظلوا يمارسونها بطريقة لا شعورية غير منظمة إلى حد ما. والذي فعله بيكون هو استخلاص وعرض المبادئ العامة لمثل هذا المنطق حتى يمكن الناس في المستقبل أن يكونوا واعين في استخدامه، وأن يعرفوا تماماً ما يفعلون. وربما كان أعظم خدماته هنا أن يبين أهمية اختبار كل

تعميم، وذلك بوضع وإجراء التجارب التي ترفض التعميم إن ظهرت النتيجة بصورة معينة أو تؤيد التعميم إن ظهرت النتيجة بطريقة أخرى.

وقد أدرك بيكون أن كل إنسان يرث أو يكتسب بعض النقائص العقلية التي لا يدري بها تماماً على وجه العموم، وهذه النقائص تميل بنا إلى الخطأ في تفكيرنا، ونحن في حاجة إلى الاحتراس منها. ويسمي بيكون هذه النقائص باسم طريف "الأوثان". فهناك ميل إلى التسليم الأعمى بآراء بعض البارزين أو الجماعات ويسميها بيكون "أوثان المسرح" ويعدد بيكون فضلا عن هذا ثلاثة أوثان أخرى "أوثان القبيلة"، وهي اتجاهات عقلية سيئة معينة مشتركة في النوع الإنساني كله مثل الميل إلى ملاحظة الحقائق التي تدعم معتقدات الإنسان وتساير رغباته الخاصة مع تجاهل تلك الحقائق التي لا تتمشى مع ذلك أو قلبها. وهناك بعدئذ "أوثان السوق"، وتنشأ هذه من أن كثيراً من الكلمات والجمل تشمل معتقدات أسلافنا القدماء الكاذبة وملاحظاتهم السطحية. وهي على ذلك أخطاء متبلورة إن صح التعبير، نزدردها دون وعي. وهناك أخيراً "أوثان الكهف"، وتلك هي مصادر الخطأ أو الانحراف التي تتعلق بكل فرد، وهي تعتمد على مزاجه الخاص وظروف تنشئته الخاصة.

لقد حان الوقت لإنهاء الفصل عن بيكون على الرغم من وجود الكثير مما كنت أحب أن أحدثك به عن بيكون وأعماله.

وفي الختام يمكن أن أقول إنه لم يكن عالما يمارس العلم، ومن الظلم أن نحكم عليه من تلك الناحية. كانت خدمته للعلم أن ينقد

الطرق الموجودة السيئة، ويحاول وضع الطرق التي يجب إحلالها مكانها، ويرسم صورة براقة لسيطرة الناس على الطبيعة بمثل هذه الوسائل. وربما كان قصوره الرئيسي هنا هو عجزه عن رؤية الدور الهام جداً الذي كان للرياضيات أن تلعبه في تطور العلم. ولكنه أبدى في المجالات الأخرى إدراكاً عظيماً، وكان بعيد النظر إلى حد مدهش جداً. وقد كسا أفكاره حلة من الفكاهة والحكمة جعلت كتاباته من أروع آثار الأدب الإنجليزي.

الفصل الخامس
هارفي والدورة الدموية

السير/ هنري ديل
Sir Henry Dale, O. M., G. B. E., F. R. S
مدير المعهد القومي للبحوث الطبية سابقاً

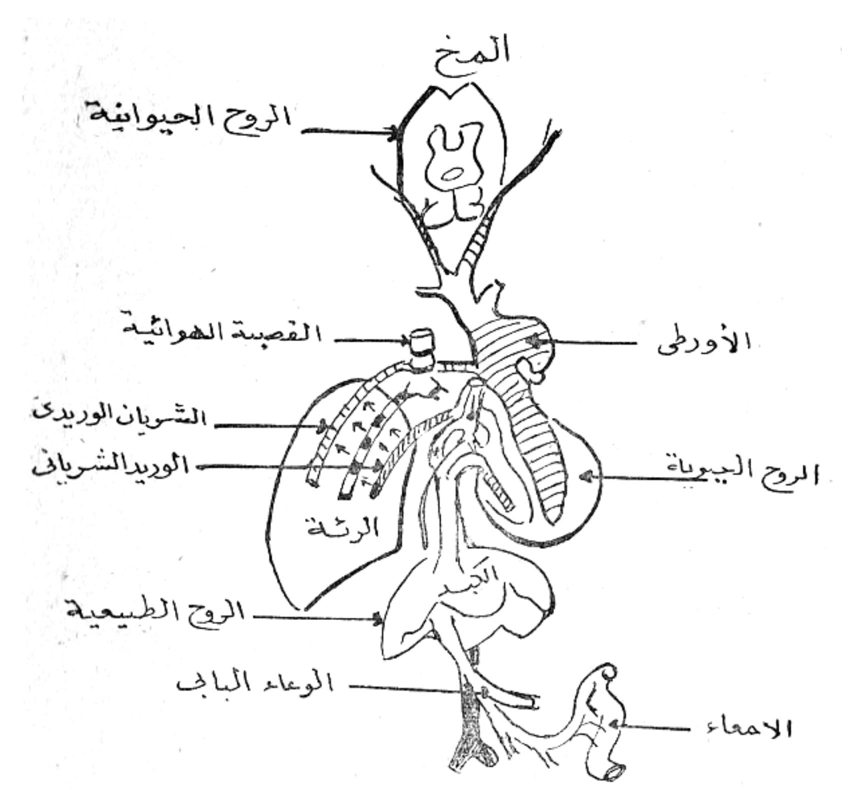
أظن أن كل إنسان تقريباً قد سمع أن وليم هارفي William Harvey اكتشف الدورة الدموية[٣]. ومن الواضح لأغلب الناس أن مثل هذا الاكتشاف كان حادثاً كبيراً في تطور المعرفة المطلوبة لمزاولة الطب. وأظن أن كثيرين يدركون في الحقيقة أننا نستطيع أن نجد البداية الأولى لعلم الطب بالمعنى الحديث فيما نشره وليم هارفي عام ١٦٢٨ عن النتائج التي انتهى إليها في بحوثه، وذلك في كتاب صغير مدهش بعنوان "رسالة في التشريح عن حركة القلب والدم".

An Anatomical Treatise on the Movement of the Heart and the Blood.

ومهما يكن من شيء، فإن عمل هارفي كانت له أهمية أعظم بكثير بالنسبة لكل ميادين العلوم للطبيعية. في ذلك الحين كان من أول التطبيقات –وأكثرها إقناعاً– للطريقة الجديدة بل للطريقة الثورية في دراسة الطبيعة بالملاحظة المباشرة والتجربة. ذلك لأن سكان أوروبا لم

(٣) اكتشف العالم العربي ابن النفيس الدورة الدموية الرئوية في القرن الثالث عشر. المترجم

يبذلوا أية محاولة لتفهم حقائق الطبيعة بأنفسهم خلال أكثر من ألف سنة خلت، كما سبق أن قرأت في الفصول الأولى. إن فلاسفة الإغريق القدماء سجلوا الملاحظات، وأنشئوا النظريات التي اكتسبت قوة الأمور الحتمية عندما انتقلت مصحوبة بسلطة الكنيسة. وفي الفسيولوجيا التي كانت من أكثر اهتمامات هارفي المباشرة –ظلت آراء أرسطو وخاصة آراء الطبيب الإغريقي جالينوس– مفروضة على العالم قروناً كثيرة، كأنها حقائق نهائية موثوق بها، حتى كان من الفضول بل من الخطر معارضتها.



الجهاز الدوري تبعاً لرأي جالينوس

وعند مجيء عصر هارفي كانت السلاسل التي قيدت أفكار الناس زمناً طويلاً قد بدأت ترخى زمامها وتتهاوى، وحدثت في خلال شهر واحد عام ١٥٤٣ حادثتان لهما أهمية هائلة في تاريخ العلم. فأرسى كوبر نيكوس أساس علم الفلك الحديث بنظامه في حركات الأرض والكواكب. وطبع العالم البلجيكي فيساليوس **Vesalius** –الذي كان أستاذ الجراحة في بادوا– كتابه عن "تركيب الجسم البشري" **The Structure of the Human Body** فأعطى أول وصف تام دقيق لتشريحه مبيناً على التشاريح الحقيقية.

وكان جاليليو وهو أستاذ آخر بادوا– قسد استخدام طريقة التجربة في بحث قوانين الحركة، واكتشف أقمار المشتري **Jupiter** بمنظار مقرب بسيط. ولابد أن ذكرى هؤلاء الرجال العظام كانت حية في بادوا عندما وصل هارفي الشاب إلى هناك ليتم تعليمه الطبي بعد دراسته في كلية كايوس بكامبردج –وكان مدرس هارفي نفسه في التشريح في بادوا هو فابربسيوس **Fabricius** الذي تلى في كرسي الأستاذية فيساليوس مباشرة. وقد وصف فابريسيوس نفسه أول وصف تام للصمامات في الأوردة– وهي ملاحظة استخدمها هارفي فيما بعد عندما بين مرور الدم في الأوردة في اتجاه واحد فقط، أي ناحية القلب. وذلك كعنصر هام في دليله على دورة الدم حول الجسم. وكذلك كان هارفي في أثناء دراسته في بادوا يتنسم الجو المنعش لما سمي سريعاً في انجلترا "بالفلسفة الجديدة" أي العقيدة –التي كانت عندئذ جديدة تماماً– في أن الإنسان

يجب أن ينمي معرفته بالطبيعة بواسطة التأمل والتجربة بنفسه.

وعندما عاد هارفي إلى بلاده وبدأ يعمل في لندن طبيباً في مستشفى سانت بارثولوميو، لابد أن حمل معه حماسة لهذا الاتجاه الجديد نحو الطبيعة. وربما وجد في الحقيقة أنه سبقه إلى انجلترا، إذ كان وليم جيلبرت -طبيب الملكة إليزابيث- قد نشر كتابه عن خواص المغناطيس، ووصف مجموعة هائلة من الملاحظات والتجارب التي أجراها. وأرسى الأساس لكل المعلومات التالية المتعلقة بالمغناطيسية، ولابد أن فرنسيس بيكون أيضاً كان يتهيأ ليخرج للعالم الأبحاث الفلسفية العظيمة التي دعا فيها بإيمان كبير إلى الاتجاه المباشر نحو الطبيعة والحصول على المعرفة الطبيعية بالاستقراء من الملاحظات المتجمعة، ووضع النظرية موضع الاختبار بالتجربة. ومن العجيب في الحقيقة أن نذكر أن بيكون -الذي أصبح أحد مرضى هارفي- لم يظهر -حتى في كفاياته الأخيرة- أنه أدرك قط أن الوسائل نفسها التي كان يحض بقوة على إتباعها كانت تستخدم من قبل في مثل هذا الغرض الكبير بواسطة هارفي طبيبه نفسه. ويروى عن هارفي -من ناحيته- أنه قال في غير توقير إن بيكون كان يتحدث في الفلسفة- التي كان يعني بها بالطبع العلم التجريبي- كأنه حاكم بأمره ولكنه هارفه نفسه -دون الإشارة صراحة إلى بيكون- جعل الوسائل التي تتقدم بها المعرفة العلمية تعتمد على الصدق والتحقيق، وهو ما يتوافق توافقاً طيباً مع نظريات بيكون. "من التشاريح لا من الكتب" هكذا يدعو هارفي إلى طريقته في مقدمة

كتابه عن القلب والدورة الدموية– وفي كتابه الأكبر الآخر الذي نشر فيه الملاحظات، ونتائج التجارب التي تجمعت في سنوات كثيرة عن التناسل في الحيوانات، يبدي إيماناً مدهشاً بعقيدته في الطريقة الجديدة واحتقاره للقديمة. ويكتب هارفي "لقد كان من المخجل –وأمامنا هذا المجال الواسع الرائع للطبيعة– أن نصدق تقارير الآخرين مع ما يتعلق بها من المناقشات المعقدة التافهة التي تتسقط العيوب. يجب أن نتوجه إلى الطبيعة نفسها. وعلينا أن نقتحم بشجاعة ما تظهره لنا من أسرارها بينما نرجع إلى حواسنا نحن".

بتلك الروح أخذ هارفي يشتغل عندئذ ببحثه الخاص بحركة القلب والدم عندما عاد إلى انجلترا، ولكن علنيا لنفهم ما حققه أن نحاول أولا تكوين فكرة ما عن حالة المعرفة عندما بدأ، وسوف يساعدك الرسم على فهم أفكار التي كانت لا تزال سائدة إلى حد كبير على الرغم من أنها تبدو لنا غريبة، كان المفروض أن نواتج الطعام –التي امتصت من المعدة والأمعاء– يحملها الوريد البابي إلى الكبد لتتحول هناك إلى دم يطلق في الوريد الكبير –الوريد الأجوف– وبذلك يحمل إلى الجانب الأيمن للقلب، الذي كان يظن أن تمدده يؤدي إلى مص الدم في تجويفه. وكان يظن أنه يخرج مرة أخرى مع انقباض القلب فيرجع أغلبه ثانية في الوريد الأجوف وفروعه إلى الجسم على نطاق واسع، ولكن بعضه يذهب إلى الرئتين بواسطة الوريد شبه الشريان الذي نسميه الآن الشريان الرئوي، وعلى ذلك كان هناك تصوير لخروج الدم من الجانب الأيمن للقلب

وسريانه إليه كلما تمدد وانقبض. ولكن كيف أمكن للدم عندئذ أن يصل إلى الجانب الآخر- الجانب الأيسر للقلب، ثم إلى الشريان العظيم في الجسم الأورطي وفروعه؟ ربما كان ذلك أبرز ظاهرة في نظام جالينوس، ظاهرة تلقي أكبر الضوء على نوع الدليل الذي أمكن أن تبنى عليه نظرية تظل مقبولة كأنها نظرية نهائية قروناً كثيرة. إذ افترض جالينوس أن حاجز اللحم السميك بين البطين الأيمن، والبطين الأيسر في القلب -على الرغم من صلابته الشديدة، كما يبدو- لابد أن ثقوبا تخترقه، يستطيع الدم أن يمر خلالها من اليمين إلى اليسار. ومع نبض القلب يخرج عندئذ إلى الجسم على نطاق واسع ومنه يعود بواسطة الأورطي، ويذهب إلى الرئتين ويعود منها بواسطة الشرايين شبه الأوردة، التي نسميها الآن الأوردة الرئوية. وكان في النظام تعقيد يتصل بفكرة الأرواح الطبيعية والحيوانية والحيوية وهي خصائص غامضة، كان يفترض أن الدم يكتسبها بواسطة الكبد والمخ، والقلب نفسه.

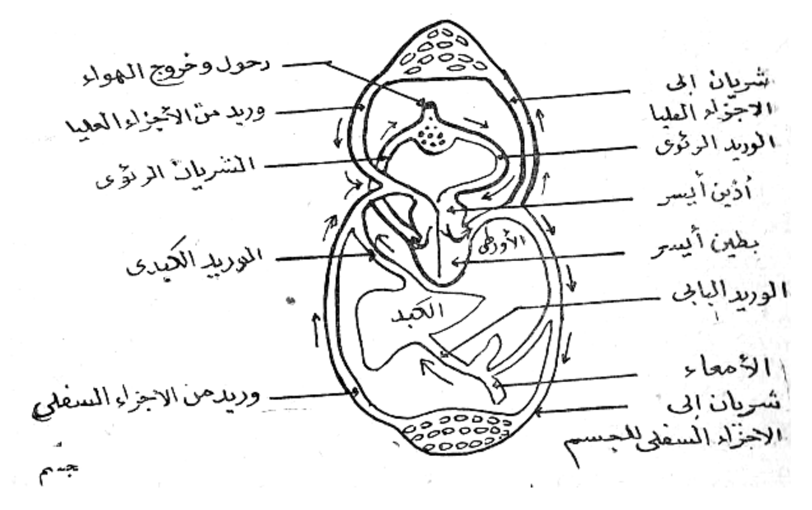
وكان هناك تعقيد آخر يتعلق بافتراض أن الهواء والدم كليهما يمتصان في القلب من خلال الأوردة الرئوية، ومهما يكن من شيء، فإن المظاهر الأساسية كانت مرور الدم إلى الجسم والرئتين ورجوعه مرة أخرى، ثم مرور الدم إلى جانبي القلب وخروجه منهما، ثم بواسطة الأوردة وكذلك الشرايين يمر الدم حتى يدخل عندئذ من الجانب الأيمن إلى الجانب الأيسر للقلب- خلال الحاجز بواسطة الثقوب التي لم يرها أحد. وجدير بالذكر أنه حتى فيساليوس- الذي بحث عن الثقوب بل

سجل فشله في اكتشافها- لم تكن لديه الشجاعة لينكر وجودها بصراحة، وأن فابريسيوس -رغم أنه وصف الصمامات في الأوردة وبيَّنها لتلميذه هارفي- لم يجرؤ على اقتراح أنها صمامات ذات كفاءة تمنع الدم من جريانه بعيداً عن القلب بواسطة الأوردة. ولكنه افترض أنها تعوقه فقط وتمنعه من الجريان سريعاً جداً في ذلك الاتجاه. كان لا يزال أيضاً مؤمناً مخلصاً بجالينوس.

ومهما يكن من شيء، فإن علينا أن نذكر بالإضافة إلى ذلك أنه - حتى قبل هارفي، كان يبدو أن بعض الباحثين الآخرين- وأبرزهم الباحث الإيطالي المسمى سيزالبينو **Cesalpino** يقتربون من اكتشاف النظام الكامل للدورة الدموية المزدوجة التي اكتشفتها تجارب هارفي. وأغلب الظن أن لدينا هناك المفتاح الحقيقي للفشل -حتى عند سيزالبينو الذي اقترب كثيراً جداً من الحقيقة- في الوصول إلى فهمها فهما كاملا. ذلك لأنه لم يكن مجرباً وإنما كان فقط رجلاً عميق الدراسة في الفلسفة وعلوم عصره مع ولع خاص باللاهوت وحب للمناقشة. وعلى ذلك لم يكن لكتاباته أو لكتابات سابقيه أي أثر هام على معتقدات معاصريهم، واحتاج الأمر في الزمن الحديث إلى جهد للتنقيب في آثار الماضي لإعادة اكتشاف كتاباتهم وبيان مدى أهميتها، لو أنها قامت على أساس الدليل المباشر.

سرعان ما انتُخب هارفي بعد عودته إلى انجلترا زميلاً في كلية الأطباء الملكية، ثم عين عندئذ في هيئة مستشفى سانت بارثولوميو. وبدأ يزاول المهنة، ولكن لابد أنه كرس كل ما استطاع من وقت الفراغ

لتجاربه، لأن مسودات مذكراته في هذه التجارب– وهي موجودة في المتحف البريطاني تبين أنه شرَّح هذه السنين ما يقرب من ثمانين نوعاً مختلفاً من الحيوانات ليتعلم الكثير عن حركة القلب والدم. ووجد أن الحيوانات ذات الدم البارد كالأسماك والضفادع والثعابين لها قيمة خاصة في هذا الغرض، لأن قلوب مثل هذه المخلوقات يمكن كشفها –وهي لا تزال نابضة– بعد موت بقية أجزائها، كما أن بطء النبضات يمكِّن من تتبع مداها بسهولة بالعين المجردة. وبذلك استطاع هارفي ملاحظة انقباض الغرف العليا في القلب أو الأذينات وهي تفرغ محتوياتها في الغرف الرئيسية أو البطينات، ثم ملاحظة انقباض هذه الأخيرة عندئذ وهي تدفع الدم في الأورطي والشريان الرئوي. ووصف هارفي الصمامات في القلب وعند فتحات الشرايين الكبرى من بطيناتها حتى تجعل سريان الدم في ذلك الاتجاه دائماً. ويمكن أن ترى هذا في الشكل التالي.



الجهاز الدوري تبعاً لرأي هارفي

ولاحظ هارفي أن الشرايين –عند ربطها– تصير فارغة في جانب العقدة البعيدة عن القلب، وبيَّن كيف أن صمامات فابر يسيوس في الأوردة تجعل مجرى الدم في هذه الأوعية ناحية القلب دائماً وبعيداً عن بقية الجسم. وقد حسب أن القلب يمكن أن يدفع في الشرايين في مدى نصف ساعة أكثر من كمية الدم في الجسم جميعاً، وذلك بحساب كمية الدم المدفوعة في كل نبضة وعدد النبضات في الدقيقة. وناقش الأمر فذكر أنه لا يمكن تعويض هذا من عصارات الطعام في ذلك الحين، وأنه ما لم يجد الدم طريقه خلال الأنسجة على نحو ما، من الشرايين إلى الأوردة، وبذلك يعود إلى القلب، فإن الشرايين سوف تنفجر سريعاً في أية حالة، كما سوف تفرغ الأوردة سريعاً. ويكتب هارفي "بدأت أفكر فيما إذا كانت هناك حركة تشبه الحركة الدائرية". وقد بين أن هناك في الحقيقة دائرة مزدوجة– من الجانب الأيمن في القلب إلى الرئتين ومنهما إلى الجانب الأيسر، وعندئذ يخرج الدم من هذا الجانب إلى بقية الجسم ثم يعود مرة أخرى إلى الجانب الأيمن. وهكذا وجد بالتجربة المنظمة الحل الذي سبق أن بدأ سيزالبينو والآخرون في الاقتراب منه بالمنطق المجرد والمناقشة كما رأينا. وأظن أن السير ميشيل فوستر في كتابه عن تاريخ الفسيولوجيا يقرر بحق أن فضل هارفي العظيم ليس في مجرد اكتشاف الدورة الدموية التي اقترب منها الآخرون إلى حد كبير من الناحية النظرية بل في إظهارها وتثبيتها طول الزمن باستخدامه الناجح للطريقة التجريبية.

إن عمل هارفي لم يكمل القصة– لقد جعل من الثابت أن الدم يمر في أدق فروع الشرايين المرئية إلى أدق فروع الأوردة المرئية، وبذلك يعود إلى القلب ولكنه لم يستطع بنظره المجرد أن يكتشف كيف تم هذا. وكان على المعرفة أن تنتظر حتى استطاع مالبيجي **Malpigi** بمجهره أن يرى ويصف شبكة الأوعية الشعرية الدقيقة التي تتدخل في الوضع وتهيئ الاتصال. ولم يستطع هارفي أن يفهم ماذا يحدث للدم بينما يمر خلال هذه الشبكة الشعرية في الرئتين، على الرغم من أنه أشار إلى نيته في تأليف كتاب آخر عن التنفس. ويظن الإنسان أنه ربما وصل إلى أبعد من هذا بكثير لو لم تعترض الحرب الأهلية نشاطه. ذلك لأنه على الرغم من عدم انحيازه فقد اتهم لكونه طبيباً للملك شارل وأتلف جزءا كبيراً من مجموعة مذكراته الضخمة. ولكنه أخرج أول بيان لما يمكن أن تعمله الطريقة التجريبية. وعلى الرغم من وفاته قبل نشأة الجمعية الملكية بثلاث سنوات فإن الشباب من الرجال الذين لابد أنهم عرفوه جميعاً– بويل **Boyle** وهوك **Hooke** ومايو **Mayow** ولوور **Lower** وكريستوفر رن **Cristopher Wren** كانوا هناك يقتفون أثر التقليد العظيم ويؤسسون بإتباعه العلوم التجريبية للكيمياء والطبيعة. ومن بين تراث هارفي لكلية الأطباء الملكية محاضرة تلقي كل عام حتى اليوم في احتفال رسمي ينصح الزملاء فيها "بالبحث عن أسرار الطبيعة ودراستها بطريقة التجربة".

الفصل السادس

تطور الأدوات العلمية في القرن السابع عشر

الدكتور/ س. ليللي
S. Lilley, M. Se., PH. D.
أستاذ بجامعة برمنجهام

إنك لو نظرت في أي معمل للبحث اليوم لما فاتك أن تلاحظ امتلاءه بالأجهزة والأدوات التي صنعت خصيصاً للبحث العلمي، وهي أشياء لا تتوقع أن تجدها في أي مكان خارج المعمل– ولكنك لو زرت غرفة البحث عند عالم في العصور الوسطى لوجدت في الحقيقة عدداً ضئيلاً جداً من الأدوات. وقد كانت هناك اختلافات بالطبع بين علم وآخر وعالم وآخر، ولكنك ربما وجدت في كثير من الأحيان رجلاً يسمي نفسه عالماً (لو أن هذا التعريف كان حينئذ مستخدما) ومع ذلك لا تحتوي غرفة بحثه على أجهزة أكثر من الكتب والورق والقلم والمداد إذ كان يظن أنك تستطيع بحث الطبيعة بالتفكير فيها.

والتغيير من مجرد التفكير في الأشياء إلى بحثها تجريبياً بأجهزة خاصة هو أحد التغييرات الرئيسية التي أدت إلى العلم الحديث. وهو تغيير وقع في القرن السابع عشر بصفة أساسية على الرغم من أنك

تستطيع أن تجد اتجاهات في القرن السادس عشر أدت إليه(٤).

وأغلب الأجهزة اليوم في معمل للطبيعة قد صممت وصنعت للأغراض العلمية بصفة خاصة. ولكن ذلك لم يكن صحيحاً في الأيام الأولى للثورة العلمية. ولو أنك زرت معمل عالم سابق في أواخر القرن السادس عشر وأوائل القرن السابع عشر لوجدت عدداً من الأدوات يفوق بكثير ما كان منذ مائة سنة سابقة. ولكنها على الأغلب لم تكن مصنوعة كأدوات علمية بصفة خاصة. بل إن أغلبها أدوات وجد العالم أن من المناسب استعارتها من سبل الحياة الأخرى. فقد تجد بعض أدوات المسح والقياس التي استخدمها مساحو الأرض أو ميزان الصائغ وعدد النجار وأدوات القياس عنده وهلم جرا. والأرجح من هذا كله أن تجد بعض الأدوات مستعارة من الملاحة ذلك لأن الملاحة كانت تتقدم عندئذ بسرعة جداً حتى أنتجت عدداً كبيراً من الأدوات التي كانت بالغة الدقة بالقياس إلى المستويات السابقة.

خذ حالة وليم جلبرت **William Gilbert** الذي كان كتابه "على المغناطيس" **On the Magnet** المنشور في عام ١٦٠٠ بداية علم المغناطيسية الحديث، بل كان أكثر من ذلك. كان أول كتاب يكتبه عالم –مدرب بطريقة أكاديمية– ليقرأه الطلاب وأول كتاب استخدم اتجاهاً تجريبياً بحتا. وكانت أدواته الرئيسية هي أدوات ملاحية وعلى رأسها جميعاً بوصلة البواخر أو تعديلات بسيطة جداً منها. ولكنه يعطينا أيضاً

---

(٤) يلاحظ أن العالم العربي الحسن بن الهيثم قد أشار في القرن الحادي عشر إلى أن التجربة والاختبار هما الأساس الصحيح للعلوم وهو سبق جدير بالتنويه. المترجم.

لمحة عما كان في المستقبل في صورة بضع أدوات هامة صنعها خصيصاً للأغراض العلمية. وكانت إحداها "أرضه المصغرة".

وهي نموذج للأرض الكروية مصنوعة من مادة ممغنطة. واستطاع أن يبين أن قضبان المغناطيس التي تقترب من أرضه المصغرة تسلك إلى حد كبير نفس السبيل الذي تسلكه البوصلة على سطح الأرض الحقيقية. وعلى ذلك تقدم شوطاً أبعد بهذا الجهاز الخاص نحو شرح مغناطيسية الأرض.

كان ذلك هو الموقف عندئذ في الأيام الأولى للثورة العلمية. تستعار أغلب الأدوات من الحرف العملية ثم تظهر فجأة أداة صنعت للأغراض العلمية خاصة. ومن ناحية أخرى لو أنك زرت عالما سابقاً بعد منتصف القرن السابع عشر لوجدت مجموعات من الأدوات التي صنعت خصيصاً للأغراض العلمية. وعلى ذلك حدث التطور الكبير في الأدوات العلمية بين عامي ١٦٠٠ و١٦٦٠ أو ١٦٧٠. وهلم نتتبع تطور واحدة من أهم الأدوات الجديدة– المضخة الهوائية:

القصة تبدأ خارج العلم. ففي القرن السادس عشر كانت هناك تطورات رائعة في الصناعة، وكان أروعها جميعاً التعدين. وكان التعدين صناعة تنمو بسرعة، كما كانت المناجم آخذة في الاتساع والعمق. وكلما زادت في العمق زادت الصعوبة في حمايتها من فيضان الرشح. وقد أولى رجال المناجم –في سبيل علاج هذه المشكلة– قدراً كبيراً من التفاتهم إلى تحسين المضخات وتطويرها. كما أدى نمو المدن –التي تتطلب تزويدها صناعياً بالماء– إلى زيادة الاهتمام بالمضخات. واستعملت أنواع

كثيرة من المضخات، ولكن المضخة التي تعنينا الآن هي المضخة الماصة العادية التي لا تزال تراها كثيراً، كمضخة القرية التي تعمل "بالشفط من أعلى" كما نقول بلغة الحياة اليومية. وقد كانت المضخات فيما سبق أشياء نادرة نوعاً ولكنها أصبحت عندئذ شائعة إلى حد ما.

واهتم بعض العلماء بالمضخات لأنهم أرادوا تحسينها أو المساعدة في حل مشاكل الصرف في المناجم أو مشاكل تزويد المياه. ولم يكن عند علماء آخرين ذلك الاهتمام العملي المباشر ولكنهم نظروا حولهم فرأوا عدداً كبيراً من المضخات وراقبوا كيف تعمل وتساءلوا لماذا تفشل أحياناً في العمل. ومن خصائص العالم الممتاز أنه يستطيع رؤية المشاكل العلمية أو الفرص العلمية في الأشياء التي يصادفها في الحياة العادية. وسرعان ما أوحت المضخات بالأفكار العلمية إلى رجال من ذوي العقول الدقيقة الملاحظة.

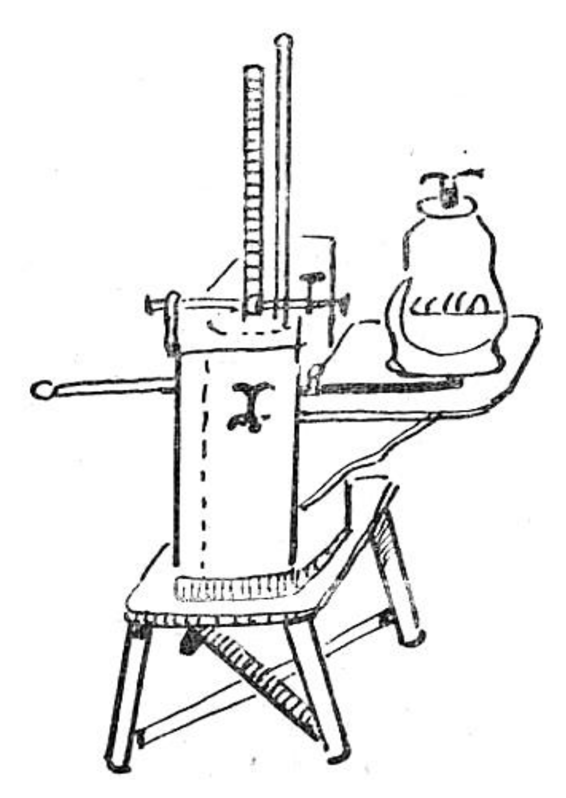
لعبت المضخات دوراً كبيراً في علم القرن السابع عشر. وقد سمعت عن وليم هارفي والدورة الدموية في الفصل السابق وكانت فكرة تصور القلب كمضخة تشغل جانباً كبيراً من إلهامه. أو ربما عرف بعضكم قصة جاليليو والمضخة، وكيف أن بعض تفكيره في سبب تعطل مضخة معينة عن العمل أدى في النهاية إلى فهم الضغط الجوي واختراع البارومتر. ويمكن أن تجد تلك القصة في كتاب كونانت **Conant** "في فهم العلم" **On Understanding Science**.

لقد كنا نتحدث حتى الآن عن المضخات المائية. ولكن أوتوفون جويريك **Otto von Guericke** عمدة ماجدبورج كانت لديه فكرة

رائعة فيما بين عامي ١٦٣٥، ١٦٥٤. وكان في الأساس رجلاً عملياً، فقد كان مهندساً حربياً وخبيراً في الاستحكامات الحربية خلال حرب الثلاثين عاما. ولكنه إذ كان رجلاً عملياً فقد كان رجلاً يمتد بصره إلى أبعد بكثير من التجربة الراهنة، وجاءته فكرة استخدام المضخة الماصة لا لتمتص الماء وإنما لتمتص الهواء من وعاء حتى يستطيع الإنسان أن يرى ما يحدث. كان جهازه بدائياً ولكنه أنتج بعض النتائج المدهشة إلى حد كبير. فقد أخذ نصفي كرة مجوفين من البرونز تتداخل حوافهما حتى تكونا كرة، واستخدم مضخته الهوائية ليسحب الهواء من بينهما. وعندئذ بين أن ثمانية أحصنة –في فرقتين– لم تستطع الفصل بينهما وهي مربوطة إلى النصفين الكرويين، مع الشد في اتجاهات متعارضة. وعلى نطاق واسع كان هناك بيان لقوة الضغط الجوي الرهيبة! وحاول جويريك أيضاً تجربة وزن كرة مجوفة بحالتها العادية ووزنها مرة أخرى بعد سحب كل الهواء وبذلك حصل على فكرة مبدئية عن وزن الهواء.

كانت مساهمة جويريك في تطوير المضخة الهوائية مساهمة هامة. ولكن من العسير أن يسمى عبقرياً. والأداة كما طورها لم تستطع أداء أكثر من بضعة تجارب أجراها بها. ثم وقع على عاتق السيد الفاضل روبرت بويل –وهو عبقري من الطراز الأول– أن يرى ماذا يمكن أن يستخرج من المضخة الهوائية في الحقيقة. وكانت فكرته أن يصنعها بطريقة تمكنك من وضع أشياء مختلفة في المستقبل –وهو اسم الوعاء الذي يسحب منه الهواء– ورؤية كيفية تأثرها بحرمانها من الهواء.

والمستقبل في الصورة المرسومة لمضخته الهوائية الثانية يوجد على اليمين. وكان مصنوعا من الزجاج بحيث استطاع أن يرى ماذا يحدث لأي شيء في الداخل عند سحب الهواء إلى الخارج. وكانت هناك وسائل عبقرية مختلفة لتحريك الأشياء التي بالداخل من الخارج دون إدخال الهواء. وقد أجريت المجموعة الأولى لتجارب بويل على المضخة الهوائية في عامي ١٦٥٨، ١٦٥٩، ونشرت في عام ١٦٦٠، واستمر في العمل من حين لآخر حتى عام ١٦٧٩. وكان بويل –مثل كثير من العلماء في عصره– يزيد في حبه للعلم اعتقاد جازم بأن العلم سوف يؤدي إلى فوائد عملية هامة. ويخبرنا في كتابه بأن هدفه الرئيسي هو الوصول إلى فهم أفضل للتنفس وربما أمكن بذلك تحسين صحة الناس. ولو أنك قرأت الكتاب أيضاً لتحققت سريعاً من أن بويل وجد نفسه مسوقا من شيء لآخر بحب جارف لإجراء التجارب واكتشاف الأشياء الجديدة. وعلى الرغم من أهمية هذا الأمل عنده في التطبيقات العلمية إلا أنه كثيرا ما تراجع بعيداً عنه. وكانت طريقة بويل في الأساس أن يضع أي شيء يفكر فيه بالصدفة في المستقبل، ثم يسحب الهواء وينظر ماذا يحدث.



مضخة بويل الهوائية الثانية

وعلق في المستقبل ساعة بخيط رفيع واستطاع أن يسمعها تدق بوضوح مادام الهواء موجودا. ثم سحب الهواء، فخفت الدق تدريجيا ولم يسمع في النهاية شيئاً على الرغم من أنه استطاع أن يرى الساعة لا تزال دائرة. فهل ترى ما الذي يؤدي إليه ذلك؟ إن الصوت يحتاج إلى الهواء لحمله. والحقيقة –كما نعرف الآن– أن الصوت تحمله موجات في الهواء. فإذا أزيل الهواء فلن يكون هناك صوت. هل لاحظت قولي

إن بويل ظل يرى الساعة دائرة؟ لقد اعتمدت تجاربه جميعاً على حقيقة أنه استطاع رؤية ما الذي كان يحدث. وبعبارة أخرى لا يزال الضوء يأتي من الشيء إلى العين حتى لو أزيل الهواء. والحقيقة أن هذه النقطة كانت من الوضوح بحيث أن بويل لم يلتفت إليها. ومع هذا فقد نشأ عن بحثه التمييز الفارق –وكان هاماً جداً في مستقبل العلم– وهو أن الهواء يحمل الصوت وليست الحالة كذلك في الضوء. فالضوء مستقل تماماً عن الهواء. والحق أن عددا كبيراً من تجارب بويل ساعدت على تقسيم الظواهر الطبيعية إلى قسمين عظيمين– تلك التي تعتمد على وجود الهواء (مثل الصوت)، وتلك التي لا تعتمد عليه (مثل الضوء). ووجد مثلا أن التجاذب المغناطيسي مستقل عن وجود الهواء.

مرة أخرى وضع في المستقبل أشياء مختلفة تحترق مثل شمعة موقدة وفحم يحترق وهكذا، ووجد أن النار تنطفئ عند سحب الهواء. وبعبارة أخرى يعتمد الاحتراق على وجود الهواء بطريقة ما. وعندئذ حاول أن يضع طيورا وحيوانات صغيرة في المستقبل، وتوضح الصورة فأرا فيه. وعند سحب الهواء وجدت هذه المخلوقات صعوبة في التنفس وسرعان ما ماتت. وبذلك أثبت أن الهواء أساسي للتنفس والحياة. وعندئذ وضع التجربتين الأخيرتين معاً: الاحتراق يعتمد على الهواء والتنفس أيضاً يعتمد على الهواء. فهل يبدو من المحتمل أن يكون هناك شيء مشترك بين الاثنين وأن التنفس والاحتراق عملية واحدة في الأساس؟ وضع بويل هذا الاقتراح في حذر. ولكننا نعلم الآن أنه كان على صواب حقاً. ففي

الاحتراق يتحد الشيء المحترق مع أكسجين الهواء. وفي التنفس يحمل الدم أكسجين الهواء من الرئتين إلى أجزاء الجسم المختلفة حيث يتحد مع مواد أخرى بطريقة هي في الأساس احتراق بطئ. ولقد استغرق الأمر أكثر من مائة عام لتوضيح هذا ولكن بويل خطا الخطوة الكبيرة الأولى.

هناك أجزاء كثيرة من مضخة بويل الهوائية لم أستطع تناولها. وكان من النتائج الهامة التي نشأت عنها –وإن يكن بطريقة غير مباشرة إلى حد ما– اكتشاف العلاقة التي نسميها الآن قانون بويل. ذلك أن ضغط الغاز وحجمه يتناسبان تناسبا عكسيا، وهو ما يعرفه منكم أولئك الذين درسوا علم الفيزياء.

طبيعي إذن أن المضخة الهوائية كانت واحدة فقط من أجهزة كثيرة جديدة اخترعت في القرن السابع عشر. وكان المنظار المقرب (التلسكوب) جهازا آخر وأصل التلسكوب غامض نوعاً ولكن جاليليو في عام ١٦٠٩ هو الذي تحقق من قيمته وبينه كأداة عملية بدلاً من أن يكون مجرد لعبة أو آلة حربية. واكتشف جاليليو بمساعدة التلسكوب أن للمشتري أقماراً تدور حوله. وقد سبق للأستاذ دنجل **Dingle** في فصل سابق أن بيَّن مدى أهمية هذا الاكتشاف في تحقيق نظرية كوبر نيكوس وهي أن الأرض والكواكب تدور حول الشمس. ولم يكن هناك دليل مباشر على نظرية كوبر نيكوس في عهد كوبر نيكوس وبعده لقرون كثيرة.

وكانت الأدلة المؤيدة لها أنها شرحت الأشياء بطريقة أبسط وجعلت الحساب أسهل فحسب. عندئذ رأى جاليليو الأقمار تدور حول

المشتري وأدهشته أن هناك نموذجاً مصغراً لنظرية كوبر نيكوس وأدت المناقشة بالمثل إلى أن نظرية كوبر نيكوس تبدو أكثر احتمالاً.

وأكتشف جاليليو أيضاً أن طريق اللبن هو في الحقيقة عدد هائل من النجوم التي لا تستطيع العين المجردة أن تفرق بينها. ورأى بقع الشمس وبذلك ساعد في دحض الاعتقاد القديم في كمال السماوات المصنوعة من مادة مختلفة عن مادة هذه الأرض الناقصة. ووجد على القمر الجبال، وحصل على تقدير مبدئي لارتفاعها بقياس ظلالها. كان ذلك مجرد بداية فقد أدى التلسكوب إلى ثورة في الفلك خلال بقية القرن.

إذن كانت المضخة الهوائية والتلسكوب اثنين فقط من الأدوات العلمية الجديدة الكثيرة التي ظهرت في القرن السابع عشر كالميكروسكوب والترمومتر والبارومتر وبندول الساعة وكثير غيرها يمتد فيما دون ذلك إلى التحسينات الدقيقة المختلفة في أدوات القياس. وعلى ذلك فكل ما عليك أن تفعله هو أن تفكر في كل الاكتشافات الجديدة التي جاءت من المضخة الهوائية (وقد ذكرت فقط بعضا منها) ثم فكر في أن عشرة أو عشرين من الأدوات الأخرى أنتجت كل واحدة عدداً مماثلاً من الاكتشافات المدهشة وعندئذ سوف تتحقق من أن جزءا كبيرا جدا من ذلك التقدم السريع الذي حققه العلم في القرن السابع عشر وما بعد ذلك يرجع إلى اختراع الأدوات العلمية، وإن كنا في هذا القول لم نوفها حقها من التقدير. إن التقدم يرجع إلى أن العلماء -بعد قرون من التفكير البسيط في الأشياء أو إجراء أبسط التجارب- تحققوا

أخيراً من أن الطريق الأساسي في فروع كثيرة من عملهم لاكتشاف حقائق الطبيعة هو إجراء التجارب بمساعدة الأدوات التي اخترعت وأنشئت بصفة خاصة لهذا الغرض.

تلك هي النتيجة العامة الأولى –أن نتذكر أن الأدوات العلمية في القرن السابع عشر استخدمت في الحقيقة على نطاق واسع لأول مرة في التاريخ كله[٥]، وفتح استخدامها آفاقاً جديدة شاسعة للكشف فجأة، ولكنها فعلت ما هو أكثر من مجرد فتح الطريق إلى اكتشافات جديدة. لقد لعبت دوراً رئيسياً في تثبيت "الطريقة التجريبية" وهي الطريقة التي تميز العلم الحديث. إنك تستطيع إجراء بضع تجارب دون أدوات خاصة ولكنها لن تذهب بك في الحقيقة إلى بعيد جداً– إلى درجة توضح بجلاء أن التجربة طريقة أفضل من الطريقة القديمة، طريقة التفكير المجرد في الأشياء. وعندما جاءت الأدوات الجديدة، أخرجت التجربة نتائجاً رائعة بحيث احتاج الأمر فقط إلى عشرات قليلة من السنين لبيان أن الطريقة التجريبية هي أفضل من أي شيء آخر.

إن النقط التي ناقشناها تقول لنا كذلك شيئاً عن الطريقة التي يتأثر بها العلم بواسطة بقية مجالات الحياة. ولعلك تذكر أن المضخة الهوائية خرجت من المضخة الماصة التي شاعت بتقدم التعدين. وقد يكون من الممكن نظرياً اختراع مضخة هوائية في عالم لا يوجد فيه كثير من

---

(٥) يلاحظ أن العرب قد استعملوا قبل ذلك الحين الأدوات العلمية الفلكية مثل الأسطرلاب كما استعمل ابن الهيثم الأجهزة البصرية الخاصة بالغرفة المظلمة وأجهزة تحديد الزمن. المترجم.

المضخات الماصة العادية ولكن حدوث هذا بعيد الاحتمال. وعلى ذلك يمكن منطقيا أن نقول إن المضخة الهوائية كانت ممكنة فقط نتيجة لتطور صناعة التعدين. وطبيعي أن الأدوات العلمية لا تنشأ غالباً (ولا تنشأ اليوم عادة) عن مكنات الصناعة وأدواتها بطريقة مباشرة جداً. لكنها على الأقل تصبح ممكنة عندما تصل الصناعة في التقدم إلى مستوى يكفي لتمكينها من صناعة الأدوات العلمية. ويمكنك أن توضح ذلك إذا ذهبت إلى شيء أكثر من التفصيل ولكنك لو قرأت كتب بويل عن المضخة الهوائية مباشرة فستجد أن كثيرا من تجاربه يعتمد على الأجهزة التي صنعها أعظم رجال الحرف مستخدمين أرقى الأساليب الحرفية الممكنة. ولم يكن صنع الأجهزة ممكنا من الناحية الفنية التطبيقية قبل ذلك بقرن. وكان بويل يعترف بين حين وآخر بأنه لم يستطع إجراء تجربة فكر فيها لأنه لم يتمكن من العثور على الصناع القادرين على صناعة الأجهزة بدقة كافية.

وينتهي بي ذلك إلى نقطة أخرى. لقد كان هناك في كل عصور التاريخ حرف ورجال حرف يستطيعون ابتكار الأفكار عن أجهزة علمية – ليست طيبة كأجهزة القرن السابع عشر– ولكنها أفضل مما استخدمه العلماء في الحقيقة. ولكن الحق أن أنواعا مختلفة من الاستعلاء منعت العالم من تعلم أي شيء من الصناع المتواضعين. وكانت الأشياء العلمية التي صنعها رجال الحرف تعتبر في مستوى دون محط أنظار المتعلمين، وعلى ذلك لم تدخل أدوات رجال الحرف في دراسة العالم ومما يجدر

بالذكر أن هذا الاستعلاء بدأ في الزوال في القرنين السادس عشر والسابع عشر، وعلى ذلك رحب علماء مثل جلبرت وجاليليو وجويريك وبويل بتعلم ما أمكن من رجال الحرف، واستخدام أجهزتهم لصناعة الأدوات العلمية. فقد حصل جلبرت على أجهزة من قباطنة البحار وصناع الأدوات البحرية. وافتتح جاليليو كتابه الأعظم قائلاً إنه تعلم الكثير من الصناع المهرة في مصانع الذخيرة في فينيسيا. وكان بويل يردد دائماً كيف أن العلماء يمكنهم تعلم الكثير من رجال الحرف (وبالمثل كيف أن الحرف يمكن أن تتحسن كثيراً بالعلم). إن هؤلاء الرجال في القرن السابع عشر أخذوا معارف الحرف وتجربتها ومهارتها وأدوات رجال الحرف وأدمجوها في تدريبهم النظري المنظم. وأخرجوا من هذا الإدماج الأدوات العلمية والعلم التجريبي كما نعرفه. ولا مجال الآن لمناقشة لماذا وقف علماء القرن السابع عشر هذا الموقف الجديد من عدم الاستعلاء في عملهم. وحسبي أن أشير إلى أنه يرتبط ارتباطا وثيقاً بالأهمية المتزايدة للصناعة وازدياد أهمية الرجال الذين كسبوا عيشهم من الصناعة والتجارة على عكس الأرستقراطية القديمة التي عاشت من امتلاك الأرض فحسب.

الفصل السابع

نيوتن والكون

هربرت بترفيلد Herbert Butterfield

أستاذ التاريخ الحديث في جامعة كمبردج

الآن وضحت الجوانب المختلفة للثورة العلمية. وقد درسنا التغيرات التي حدثت في كل من الطريقة العلمية وطرق التفكير في القرن السابع عشر. وتبلغ القصة الذروة مع السير إسحق نيوتن **Sir Isaac Newton** في الربع الأخير من ذلك القرن. في هذه الفترة شاعت حقاً الطرق الجديدة وتحق للعالم نظام أو شكل مختلف تماماً.

إن وجود طائفة من العلماء وخاصة في لندن وباريس فيما بين عامي ١٦٧٠، ١٦٨٠ يشير إلى ميلاد عصر جديد خلق في عقول الناس نشاطا عظيماً وتخمراً هائلاً. وكانت الجمعية الملكية الإنجليزية والأكاديمية الفرنسية للعلوم على أبواب مستقبلهما المرموق. وزاد التعاون والاتصال بين العلماء بتطور النشرات الدورية مثلا حتى أصبحت الاكتشافات تعرف سريعاً بصفة عامة أو تقام الندوات أو يتبادل الناس المعرفة. كذلك أثبتت الجمعيات العلمية أنها أقدر على تحمل نفقات البحث التجريبي من الفرد المستقل في الماضي. ولدينا دليل على النجاح الاجتماعي للعلوم في هذه السنين وخاصة في عهد لويس الرابع

في فرنسا. ونحن نعلم كيف كانت الجماهير –والنبلاء والكبراء والأجانب أحياناً– يتزاحمون على المحاضرات والمعارض. وكان هناك نهم عظيم للأفكار الجديدة وأساليب التفكير الجديد الوافدة، بل إننا نرى محاولة كبيرة لجعل العلم شعبياً فقد بدأ كاتب فرنسي هو فرنتنيل **Fontenelle** يجعل العلم سهل القراءة للنساء مثل أحدث القصص.

ومن الضروري لفهم الموقف أن نوجه أنظارنا إلى فترة تبلغ قرناً من الزمن تقريباً أدت إلى ظهور السير إسحق نيوتن. وعلينا أن نسجل تطورات معينة تحدث في تلك الفترة –تطورات تكون الهيكل الأساسي في الإطار العام للثورة العلمية نفسها. ومن المفيد أن نذكر أن السير إسحق نيوتن يتوج عملية كبيرة للتطور العلمي ويجمع أعمال كثير من السابقين على الرغم من أنه يدمجها جميعاً في شيء جديد تماماً. ويجب أن نذكر في المحل الأول أن كوبر نيكوس نفسه لم ينشئ صورة مقبولة أو تفسيراً مقبولاً لما كان يحدث في السماء ولم يثبت نظريته علمياً. بل إن الخلاف حول دوران الأرض لم يشتد جداً إلا عند نهاية القرن السادس عشر بعد موته بست سنوات تقريباً. حتى الشيء الذي هز العالم هزاً كبيراً عندئذ لم يكن نظرية كوبر نيكوس نفسها، ولكنه عدد من الاكتشافات الجديدة المثيرة التي تمت في السماء في ذلك الحين. حدث الأول عام ١٥٧٢ وكان ظهور نجم جديد، نجم شع ببريق خاص، ثم اختفى بعد ذلك بعامين. وهو شيء وجب أن يكون مستحيلاً حيث كان المفروض أن السماء والأجرام السماوية غير قابلة للتغيير سواء من

ناحية التولد أو الاختلال. ثم ظهر في عام ١٥٧٧ مذنب جديد. ولما كانت وسائل الرصد قد تحسنت كثيراً منذ عهد كوبر نيكوس فقد استحال الاستمرار في تصديق النظرية القديمة، وهي أن المذنبات تكون فقط تحت القمر لأن هذا المذنب شوهد يخترق السماوات العلى، ويشق طريقاً خلال تلك المجموعات من الكرات الصلبة البلورية[٦] المتلألئة التي كان يظن أنه لا شيء يخترقها. وكان الناس قبل هذا العصر يظنون أن المذنبات هي في الحقيقة أشياء أرضية- غازات أو أبخرة من الأرض تشتعل في الأجواء العليا. والآن ثبت أن المذنب ظاهرة سماوية أوضحت أن من المحتمل حدوث انحرافات غريبة في السماوات. حتى الرجال الذين لم يستطيعوا هضم نظرة كوبر نيكوس بدأوا يعتقدون أن نظرية الكون القديمة لابد أن تكون خاطئة في بعض الأجزاء على كل حال. وبدأ بعضهم -على الرغم من عقولهم المحافظة- يتحقق من أن الكرات البلورية -واحدة فوق الأخرى- يستحيل وجودها في الحقيقة، وأن الشمس والنجوم والكواكب لابد أن تكون عائمة غير متصلة بشيء في تيه من الفضاء. وكانت هناك حاجة إلى بعث جديد للفلك كما قيل، أي تجديد للموضوع كله. هذا التجديد العام في الفلك كان عملاً يعتمد على مراجعة وتصحيح مشاهدات الإنسان في السماوات، واختلف في هذا عن محاولة كوبر نيكوس إنشاء نظام -كان يرجع أكثره في الحقيقة إلى فلكي دانمركي هو- تيكو براها **Tycho Brahe** الذي لم يعتقد

---

(٦) كان يظن أن النجوم والكواكب قناديل معلقة في كرات بلورية شفافة صلبة ينفذ منها الضوء ولا تمر خلالها الأجسام.

في نظرية كوبر نيكوس إطلاقاً بل لعله بلغ بالأرصاد الدقيقة للسماوات أرقى مستوى ممكن من الإتقان قبل اختراع التلسكوب. ووضع نظرية وسطا بين نظرية كوبر نيكوس والنظرية القديمة وقد أصبحت هذه النظرية شائعة في القرن السابع عشر إلى حد ما في أشكالها المعدلة المختلفة. وطبقاً لهذه النظرية فإن بعض الكواكب- يدور حول الشمس كما قال كوبر نيكوس ولكن الشمس مع هذا النظام الشمسي المصغر وبقية الكواكب تدور حول الأرض الثابتة.

وبالمثل لو كانت الأجرام السماوية تدور في محيط من الفضاء فإن من العسير تصور السبب الذي أمسكها في مكانها وحفظها في مسارها المرسوم. ومال بعض الناس إلى رأي مجرب انجليزي هو وليم جلبرت الذي ظن الأرض نوعاً من المغناطيس، وأن المغناطيسية تحفظ الأجرام السماوية في مكانها، وبذلك دخلت فكرة التجاذب في المناقشة. أثار جاليليو جدلاً فكرياً وكان هو الذي اكتشف بتلسكوبه البقع الشمسية وبين أن الأجرام السماوية لا يمكن أن تكون مصنوعة من مادة نقية لا تشوبها الشوائب على كل حال. ولكن جاليليو لم يقنع العالم عندما زعم أن المد والجزر دليل على حركة الأرض، وأن المحيطات ترتفع وتنخفض لاهتزاز الوعاء الذي يحفظها. كل هذه التغيرات المختلفة وضعت عقول الناس في دوامة. واختار كل إنسان صورته ونظريته عن العالم، وذلك فيما يتعلق بعلم الفلك خاصة. وكان يحدث عمل كثير -بعيدا عن كل هذا- في موضوع مختلف وفي مجال مختلف جدا، أعني المشكلة العامة

للحركة وخاصة في السنين الثلاثين الأولى من القرن السابع عشر- وكان لهذا كله أهمية كبيرة في دراسة السماوات لأنه كان من الضروري بيان سبب استمرار الأجرام السماوية في حركتها. وكانت العقبة الرئيسية في نظرية كوبر نيكوس تكمن في صعوبة تخيل السبب الذي جعل هذه الأرض الهائلة تدور. ولجاليليو أهمية خاصة في دراسة الحركة هذه فقد أكمل تقريباً تطوراً كان يأخذ طريقه نحو ما نسميه التعريف الحديث للقصور الذاتي. ورأى أنه لو تحرك جسم فليس علينا أن نبحث عن الأشياء التي تفسر سبب استمراره في الحركة- فيستمر في تلك الحركة حتى يتدخل شيء لإيقافه أو تهدئته أو زيادة سرعته أو تغيير اتجاهه. وبعبارة أخرى نحن في الواقع أمام شيء يحتاج إلى تفسير لو توقفت حركة الجسم أو تغيرت بأية طريقة. بعد ذلك بقليل أكمل ديكارت **Descartes** نصوص هذا القانون الحديث للقصور الذاتي فبين بوضوح أن الجسم يميل إلى الاستمرار في حركته في خط مستقيم.

إن الحصول على هذا التعريف الجديد شيء أساسي لأن التعليم القديم جعل من المستحيل تفسير الطريقة التي تتحرك بها المقذوفات تفسيرا معقولاً. فلو صح ما كان يعتقده الناس حتى هذه الفترة من أن الجسم المتحرك يحتاج إلى محرك يدفعه أو يشده طول الوقت فلن توجد طريقة معقولة لتفسير استمرار السهم في حركته بعد أن يفقد اتصاله الأصلي بوتر القوس، أو تفسير خروج قذيفة المدفع من فوهته. وأصبح كل شيء أيسر بكثير منذ أن تبين أن الجسم المتحرك يميل إلى

الاستمرار في الحركة في خط مستقيم حتى يتدخل في حركته شيء ما. ومهما يكن من شيء فإن المبدأ قد يفسر لماذا يطير الجسم في خط مماس للدائرة ولكنه لا يفسر الحركة الدائمة للأجرام السماوية مثل الكواكب التي بيَّن فلكي ورياضي شهير وهو كبلر **Kepler** أنها تتحرك في مدارات بيضاوية حول الشمس.

كان الناس يعتقدون لا شعورياً في أنه لو أمكن شرح الحركة على الأرض فربما ساعد هذا في شرح الحركات في السماء أيضا. وبعبارة أخرى كانوا يميلون إلى الابتعاد عن الفكرة القديمة وهي أن كل شيء في السماء يتركب من مادة معينة خاضعة لقوانينها العجيبة الخاصة. وعلى ذلك كان لتأسيس علم الديناميكا الجديد أهمية في تطور الفلك الجديد. وقد تحقق هذا بواسطة جاليليو الذي حاول إدماج هذين العلمين معا وحاول شرح الحركات الأرضية والحركات السماوية بنفس القوانين. كما حاول جاليليو أيضا إزالة إحدى العقبات أمام فكرة دوران الأرض بالطريقة الرائعة (وإن لم يكن هو الذي اخترعها) التي وضح فيها الرأي القائل بأن الأرض لو دارت فسيدور معها كل شيء على السطح بما في ذلك الهواء، وعلى ذلك لا يحس الإنسان بهذه الحركة. تماما كما يبدو للإنسان ثبوت كل شيء في غرفة بالسفينة المتحركة. هذا الرأي أوضح كيف أن في الإمكان أن تتحرك الأرض على الرغم من اختفاء هذه الحقيقة الظاهرة، ولكنه لم يثبت أن الأرض لا الشمس هي التي تدور.

وبينما هذه الأمور تحدث، كانت هناك تطورات أخرى في فرع

مختلف تماماً من التفكير العلمي على الرغم من أن الناس لم تدرك ما لهذا من أهمية في المستقبل بالنسبة لتفسير مشاكل السماوات. وكان الميدان المقصود يتعلق بمشكلة الجاذبية، ومما يذكر أن الأشياء -تبعاً للنظرية القديمة التي ترجع إلى أرسطو- لها وزن وتميل إلى السقوط لأنها تميل إلى الاندفاع نحو مركز العالم الذي اتفق أن كان مركز الأرض.

وطبقاً لرأي أرسطو هذا فإنك لو أخذت قبضة من الطين على كوكب المريخ فستميل إلى الوقوع على الأرض، وأن الأجرام السماوية تتركب من مادة ليس لها وزن أو جاذبية. ولم يكن في الإمكان أن يستمر الإيمان بمثل هذا الرأي أكثر من ذلك لو كانت الأرض تدور حول الشمس وذلك لأن الأرض لن تكون عندئذ مركز العالم. وكان يظن أن الجاذبية هي تحرك الأجسام نحو مركز العالم وعلى ذلك نجد في بعض الأحيان رأياً يقول إن الشمس والقمر وكذلك الأرض يمكن أن تكون لها جاذبية حيث يعمل كل منها كمركز مستقل للجاذبية. وقال كوبر نيكوس أن الأشياء تنجذب إلى الشمس أو القمر أو الأرض لأن هناك ميلاً في كل شيء لتجمع المادة في كرات. وكان يظن في أوائل القرن السابع عشر أن الجاذبية شيء يشبه التجاذب المغناطيسي. فتجذب الكتلة الأكبر كتلة أصغر بقوة تتغير إلى حد ما تبعاً للمسافة. ثم نجد بعد ذلك أيضاً رأياً يقول إن الجاذبية تتناسب تناسباً عكسياً مع مربع المسافة على الرغم من أن هذا الاكتشاف لم يكن مقبولاً على نطاق واسع بل لم يعرف على نطاق واسع فترة من الزمن. وأبدى بعض الناس أيضاً رأياً يقول

إن الجاذبية لا تعمل فحسب في الشمس أو القمر أو الأرض، ولكنها علاقة توجد بين كل جسيمات المادة أي تجاذب يحدث فيما بين أجزاء المادة المختلفة. ويلاحظ أنه بدلا من اعتبار التفاحة ذات ميل يدفعها إلى الاتجاه نحو مركز الأرض بدأ الناس عندئذ يعكسون الصورة ويقولون إن الأرض هي التي تجذب التفاحة. وكل هذا يوضح أن هناك موقفاً مخالفاً نشأ تجاه مشكلة الجاذبية، واقترح بعض الناس رأياً حديثاً جداً وهو أن القمر سوف يطير بعيدا عن الأرض في خط مماس للدائرة لو لم يثبت في مكانه بواسطة قوة جذب الأرض له على ذلك كانت هناك نظريات مختلفة في القرن السابع عشر تتعلق أولا بحركة الأجرام السماوية، وتتعلق ثانياً بحركة الأجسام الأرضية، كما تتعلق ثالثا بمبدأ الجاذبية. وكان في ذهن أحد الناس مجموعة من الآراء وفي ذهن إنسان آخر مجموعة أخرى، والشخص الذي يعرف الحق في الجاذبية قد تكون لديه فكرة كاذبة عن مبادئ الحركة. ولم يخرج إنسان بالنظرية الصحيحة من جميع الآراء. ولم يدرك أحد أنه عند تطبيق النظريات الصحيحة في كل حالة فقد يمكن إدماجها معاً إدماجاً محكماً في نظام واحد مترابط. بل كان هناك فرع مستقل من التفكير العلمي له مكانه في اللغز المحير، إذ كانت الدنيا منذ زمن طويل في حيرة من أمر الحركة الدائرية وما نسميه بالقوة الطاردة المركزية. بل إن جاليليو العظيم كان قليل العلم في هذا الموضوع. ولكن عالماً شهيراً هو هيجينز **Huygens** حلل الموضوع في عام ١٦٥٩ ووجد المعادلة التي تكون لجذب الحجر عندما يتحرك حركة دائرة وهو مربوط في خيط، والقوة التي يجب أن تكون للخيط

لتمنع الحجر من أن يطير بعيداً في خط مماس للدائرة. وكان هذا عاملاً أساسياً في الحل الأخير للمشكلة. وكان عنصراً آخر يمكن أن يساعد في إنشاء نظام واحد مترابط لو استطاع إنسان أن يضعه مع العناصر الأخرى التي ذكرتها ويدمج الأجزاء المختلفة.

وفي عام ١٦٦٥- ١٦٦٦ كان السير إسحق نيوتن شابا حديث التخرج عندما واتته الفكرة الرائعة لاختبار الرأي الصحيح في كل مشكلة من المشاكل التي ذكرتها ثم إدماج الآراء ليوضح أنها تترابط معا. ووافق نيوتن على الرأي القائل بأن الأجرام السماوية تسبح في الفضاء وأنها تتجاذب – وكذلك كل جسيمات المادة الأخرى- تجاذبا يعتمد على كتلتها النسبية ويتناسب تناسبا عكسيا مع مربع المسافة بينها. ووافق على القانون الحديث للقصور الذاتي، وطبقه على الكواكب التي تميل إلى حفظ حركتها الموجودة في خط مستقيم ولكنها تظل في مدارها بواسطة جذب الجاذبية بحيث تنحني في مداراتها البيضاوية، تماماً كما تنجذب قذيفة المدفع النارية في الهواء وتعود إلى الأرض في خط منحن بتأثير جاذبية الأرض الخاصة عليها. وتخيل أن القمر مثل الحجر في الخيط يميل إلى الطيران في خط مماس للدائرة، ولكنه يثبت بقوة الجاذبية. وانتهى من البحث إلى أن الجذب اللازم لبقاء القمر في مداره يعادل الجاذبية، وهي تعادل رياضياً القوة التي تجذب التفاحة في الحقيقة إلى الأرض. والحق أن القوة التي تجذب القمر هي نفس القوة التي تجذب التفاحة من فرع الشجرة على أن نأخذ الكتل النسبية والمسافات في الاعتبار الواجب.

وقد بيّن نيوتن رياضياً أنه لو عملت القوة بالطريقة التي ذكرتها فسوف يكون للكواكب نفس المدار البيضاوي حول الشمس الذي بيَّن كبلر أنها تتبعه في الحقيقة. ومهما يكن من شيء فإن نيوتن لم يكن راضياً عن حساباته الأصلية لأسباب مختلفة فاحتفظ بها عشرين عاماً حتى قضى على شكوك معينة. وفضلاً عن ذلك صححت الأرصاد الجديدة في هذا الوقت بعض المقاييس عن الأرض والسماء. وأخيراً طبعت نتائج نيوتن في كتاب المبادئ **Prineipia** عام ١٦٨٧ وكانت قمة الثورة العلمية في الوقت الذي كان فيه عدد ضخم من العلماء يقوم بالأعمال الرائعة في لندن وباريس كما سبق أن رأينا.

وكان على إسحق نيوتن أن يكتشف مرة أخرى بعض الأفكار التي جمعها ليصنع نظامه. ذلك لأنها لم تكن معروفة على نطاق واسع وإن كان من الجائز أنها اكتشفت قبل أن يبدأ العمل. فكانت النتائج في بعض الحالات موجودة من قبل ولكنها لم تنشر حتى ذلك الحين مثل المعادلات الرياضية والتي تتعلق بالقوة الطاردة المركزية والجاذبية. وفضلاً عن ذلك ثبت في عمل نيوتن وبعض سابقيه أن العلماء أنفسهم يجدون أحياناً عقبات في سبيل تقدمهم إلا إذا حدث تحسن هائل في الرياضيات في المراحل المختلفة. وقام نيوتن نفسه ببعض التطورات الهامة في هذا الميدان.

وعلى ذلك أنشأ نيوتن عالما كالساعة يبدو فيه النظام كله تلقائياً بعد أن أدار الله الزمبرك –إن صح هذا التعبير– أو أمر الآلة بالتحرك.

وأمكن عندئذ لأول مرة وضع نظام مترابط للكون تبعاً للنظرية القائلة بحركة الأرض.

وعندئذ أمكن تفسير كيف تظل مثل هذه الأرض الصلبة متحركة. وفضلاً عن ذلك أمكن لنظرية نيوتن أن تختصر كل الحركات في الأرض والسماء في نفس المعادلات وتربطها بنفس القوانين بحيث يبدو العالم كله خاضعاً لقانون موحد. ذلك النظام أقنع الناس بأن التفسيرات الميكانيكية هي الأشياء التي يجب البحث عنها حتى في موضوعات مثل البيولوجيا التي نعلم الآن أن التفسيرات الميكانيكية البحتة غير كافية فيها. والحق أن الاتجاه الميكانيكي كله للحركة العلمية في القرن السابع عشر أدى إلى هذه النتيجة. ونظراً لانعكاسات قوانين نيوتن على كثير من وجوه التفكير الإنساني فإن علينا أن نعتبر عام ١٦٨٧ من أهم التواريخ في تاريخ الحضارة. وسوف ندرس بعض هذه الانعكاسات فيما بعد.

الفصل الثامن

مولد الكيمياء الحديثة

الدكتور/ دوجلاس ماكي
Douglas Mekie, D. Sc., PHD
أخصائي تاريخ العلم في جامعة لندن

كان من بين النتائج الأولى لثورة القرن السابع عشر في التفكير العلمي تقدم كبير في الفلك والميكانيكا والفيزياء كما سبق أن بينت الفصول المتقدمة في هذا الكتاب. ومهما يكن من شيء فإن علم الكيمياء لم تقم له قائمة في طريقه الحديث إلا عند نهاية القرن الثامن عشر تقريبا. وكانت أسباب هذا التأخر: أولا– نظرية قديمة في تركيب المادة كانت لا تزال مقبولة في ذلك الحين، ثانياً– نظرية أحدث في الاحتراق ظهرت في القرنين السابع عشر والثامن عشر.

وقد نشأت النظرية القديمة في تركيب المادة في اليونان وتطورت بصفة خاصة بواسطة أرسطو في القرن الرابع قبل الميلاد. وكانت تعتبر أن الغالبية العظمى من المواد المختلفة التي تراها في العالم حولنا تتكون من مركبات من أربعة عناصر فقط بنسب مختلفة: التراب والماء والهواء والنار. فالمادة التي تشتعل مثلا بقوة أعظم من مادة أخرى كان يُفترض لذلك أنها تحتوي على نسبة أعلى من عنصر الماء. ولم يكن هناك بالطبع –خلال هذه الفترة الطويلة لأكثر من ألفي سنة– دليل كيميائي

على أن التراب والماء والهواء والنار كانت عناصر، أو أن أنواع الطبيعة الهائلة من المواد كانت تتكون من أربعة مواد أولية فقط، ولكن النظرية ساعدت في شرح حقائق كثيرة بوسائل أمكن فهمها بسهولة.

وكان السبب الآخر في تأخير تطور الكيمياء نظرية في الاحتراق وضعها عالمان كيميائيان من الألمان هما بيشر **Becher** وستال **Stahl** في القرنين السابع عشر والثامن عشر. وكان المفروض طبقاً لهذه النظرية أن كل المواد القابلة للاحتراق والاشتعال تحتوي عنصرا شائعاً للاشتعال سماه ستال الفلوجيستون **Phlogiston**. وعلى ذلك يقال عندما تحترق المادة القابلة للاحتراق إن الفلوجيستون قد انطلق منها في صورة النار واللهب. ولذلك كان الاحتراق عملية تحلل. وكان هذا نوعا معقولا من التفسير، وأغلبنا اليوم –بغير معرفتنا الراهنة المبنية على الاكتشافات السابقة– قد يتهيأ تماما للموافقة على أن عود الثقاب عندما يشتعل أو الشمعة عندما تحترق فإن بعض مادة النار ينطلق من كل منهما، وكذلك الحال بالنسبة لأنواع الاحتراق الأخرى.

وانتهى الأمر بتطبيق نظرية الفلوجيستون إلى أن أوقع الكيميائيين في خلط كثير ساعد على تحقيق انهيار النظرية. وظهر الأمر بهذه الطريقة. عندما يسخن أحد المعادن كالنحاس أو الرصاص فإنه يتحول إلى مسحوق ويفقد خواصه المعدنية. (ويحدث نفس الشيء في صدأ الحديد المألوف، ولكن بغير استخدام الحرارة هناك). وفي ذلك العصر فسر الكيميائيون هذا بقولهم إن المعدن نوعا من المواد القابلة

للاحتراق، وإنه فقد عند تسخينه ما يحتويه من الفلوجيستون تاركاً المسحوق المتخلف الذي سموه كلسا. وعرفوا أن هذا الكلس لو سخن من جديد مع الفحم فإنه يتحول إلى المعدن مرة أخرى. ولما كان الفحم يكاد يحترق تماما فقد اعتبر أنه غني جداً بالفلوجيستون. وعلى ذلك يكون تسخين الكلس مع الفحم قد أعاد قدرا كافيا من الفلوجيستون إلى الكلس ليعيد تكوين المعدن الأصلي من جديد. والمعدن –بناء على ذلك– مركب من كلس المعدن والفلوجيستون. وتكون عملية تسخين المعدن لإنتاج كلسه –وتسمى التكلس– عملية تحلل وهو نوع من الاحتراق الذي ينطلق فيه الفلوجيستون من المعدن.

ومن ناحية أخرى كان معروفاً أنه عند تكلس المعدن فإن وزن الكلس المتخلف أو المسحوق أكبر من الوزن الأصلي للمعدن المأخوذ. ولكن كيف يزيد الوزن إذا كان شيء مادي يسمى الفلوجيستون قد فُقد من مادة المعدن؟ وللإجابة عن هذا اضطر بعض الكيميائيين الذين وافقوا على نظرية الفلوجيستون إلى افتراض أن اللوجيستون لا يتثاقل كالمواد الأخرى وإنما يتسامى أي أنه يرتقي طبيعياً إلى أعلى في السماء بينما تميل المواد الأخرى إلى الوقوع طبيعياً على الأرض، ويمكن أن نقول إن له وزنا سالباً. هذا التناقض كان قد أوشك القضاء عليه بطريقة أبسط من افتراض وجود نوع من المادة خارج عن كل تجربة.

لم تولد الكيمياء الحديثة إذن إلا حين أُهملت نظرية العناصر الأربعة ونظرية الفلوجيستون، لأن التراب والهواء والماء والنار ليست هي

العناصر التي يتكون منها عالمنا، والمواد لا تحترق لوجود عنصر شائع للاشتعال أو وجود مادة النار فيها.

تبدأ قصة إنكار هذه النظريات باكتشاف الغازات وخاصة الأكسجين الذي يكون خمس الهواء العادي. وكان يُظن من قبل أن الغازات هي مجرد أنواع من الهواء العادي تتغير إلى حد طفيف في الخواص ولكنها في الأساس واحدة. ومع كل فقد فرق جوزيف بلاك **Joseph Black** بطريقة كيميائية عام ١٧٥٥ بين الهواء العادي ونوع من الهواء سماه الهواء الثابت (ويُعرف الآن بثاني أكسيد الكربون). وبيّن بلاك أنه ينشأ عند احتراق الفحم، وفي التنفس عند خروج هواء الزفير من الرئتين، وفي التخمر. وفي عام ١٧٦٦ اكتشف هنري كافندش **Henry Cavendish** هواء آخر "هواء قابلاً للاشتعال" نسميه اليوم الأيدروجين، كما اكتشف جوزيف بريستلي **Joseph Priestley** منذ عام ١٧٧٢ وما تلاه سبعة أنواع أخرى من الغازات ولكنه استمر يصفها بأنها "أنواع مختلفة من الهواء".

لقد كان جوزيف بريستلي –وهو قسيس متحرر– من أعظم المجربين الكيميائيين قاطبة، وقد حصل على هواء جديد تستعل فيه الشمعة بوهج أقوى بكثير من اشتعالها في الهواء العادي وذلك في أغسطس عام ١٧٧٤ في تجربة من أروع تجاربه التي أجريت في بوود هاوس في كالن بمقاطعة ولتشاير **Bowood House, Calne, Wiltshire**، وفي مارس عام ١٧٧٥ وجد في أثناء دراسة هذا الهواء

الجديد في التجارب التالية في لانزدون هاوس– مايفير لندن Lansdowne House, Mayfair, London أنه أنقى وأفضل من الهواء العادي للتنفس. وكان هذا الغاز هو ما نسميه الآن الأكسجين. وسرعان ما اقترح بريستلي استخدامه لزيادة قوة النار "وأنه قد يكون مفيدا بطريقة عجيبة للرئتين في بعض الحالات المرضية"، وهما تطبيقان حدثا فيما بعد. وكان قد استخدم الفيران أولا ليختبر قابلية الهواء الجديد للمساعدة على التنفس ثم جربه على نفسه، وكتب "إنني مع فأرين فقط حتى الآن قد حصلنا على حق الامتياز في تنفسه".

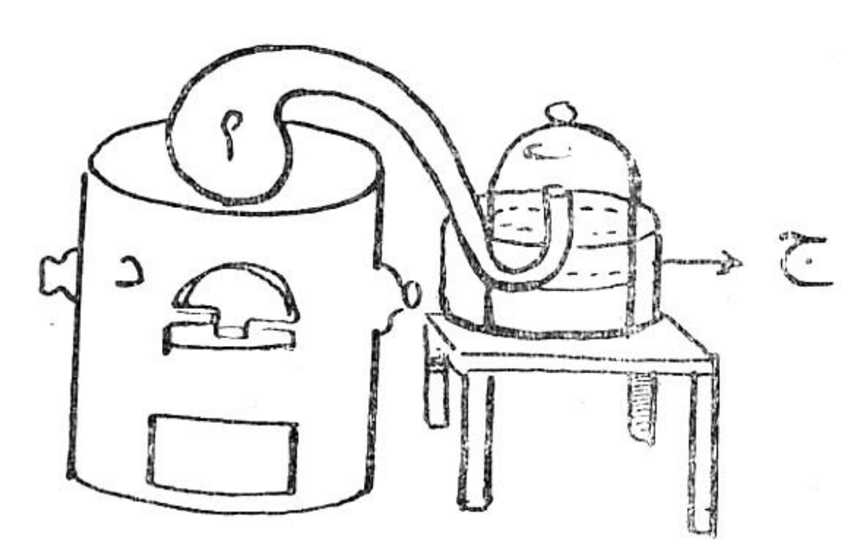
وفي خريف عام ١٧٧٤ زار بريستلي باريس وقابل أنطوان لوران لافوازييه Antoine Laurent Lavoisier مؤسس الكيمياء الحديثة. وفي الحقيقة إن مكانته في الكيمياء تضاهي مكانة نيوتن في الميكانيكا. ووصف بريستلي في محادثة مع لافوازييه اكتشافه الأخير: الهواء الجديد الذي يشتعل فيه لهب الشمعة بتوهج أقوى بكثير من اشتعاله في الهواء العادي، وأخبر لافوازييه بأنه حصل على الهواء الجديد بتسخين كلس الزئبق أو كلس الرصاص.

وكان لافوازييه يفكر من زمن طويل في المشاكل المتعلقة بالاحتراق، والتكلس. وانتهى منذ عام ١٧٧٢ إلى أن الهواء يلعب دورا هاما في الاحتراق، وأن مادتين قابلتين للاشتعال هما الفسفور والكبريت يتحدان بالهواء عند احتراقهما وأن وزنهما يزيد مع هذا الاتحاد بالهواء. وقام بإجراء تجارب أخرى خلال شهور طويلة عام ١٧٧٣ وانتهى في

عامي ١٧٧٤- ١٧٧٥ بعد حديثه مع بريستلي إلى أن زيادة وزن المعادن في التكلس ترجع -بالمثل- إلى اتحادها بالهواء. ولكنه لم يتقدم أكثر من افتراض أنه اتحاد بالهواء العادي في حالة نقية. ولم يشك حينئذ في أن جزءاً فقط أو عنصراً من الهواء العادي هو المسئول.

وانتهى لافوازييه في تجارب تالية عام ١٧٧٧ إلى أن جزءاً فقط من الهواء مسئول عن الاحتراق والتنفس والتكلس وهو الجزء الأثقل من الهواء، وأن الهواء نفسه ليس مادة بسيطة ولكنه يتركب من هواءين، أحدهما يساعد على التنفس ويعين على الاحتراق ويتحد مع المعادن عند التكلس وقال إنه الجزء الصحي من الهواء، أما الجزء الآخر فلا يستطيع أن يساعد على الاحتراق أو التنفس، ولا يلائم النار والحياة كليهما، ولا يلعب دوراً في التكلس.

وفي يوم ٣ مايو عام ١٧٧٧ قرأ لافوازييه حينئذ تقريراً عن تجربة من أهم التجارب جميعاً في تاريخ العلم الطويل وهي موضحة فيما يلي:



جهاز لافوازييه الذي استخدمه عندما فصل (الأكسجين)

(ثني عنق الوعاء الزجاجي أ (الذي يحتوي على ٤ أوقيات من الزئبق) ليتصل بالهواء في الناقوس الزجاجي ب المقلوب على الزئبق في الحوض ج– وبعد التسخين مدة ١٢ يوما على فرن من الفحم د تكونت جسيمات من الكلس الأحمر أو أكسيد الزئبق في أ. وانخفض حجم الهواء في الجهاز بمقدار الخمس تقريباً: وأطفأ الهواء المتخلف اللهب وأدى إلى اختناق الحيوانات. وكان هو النتروجين وعندئذ سخن لافوازييه الجسيمات الحمراء لأكسيد الزئبق في جهاز منفصل وجمع الغاز الذي خرج منها. وبلغ حوالي خمس الهواء الأصلي وساعد على الاحتراق والتنفس وكان هو الأكسجين).

سخن لافوازييه أربع أوقيات من الزئبق في الوعاء أ مدة اثني عشر يوما ولاحظ أن مستوى الماء[٧] ارتفع في الوعاء ب المتصل بالوعاء أ

---

(٧) استبدل بالزئبق الماء في تجارب تالية.

كما هو مبين، وأن الارتفاع في المستوى يقابل نقصا بمقدار خمس الهواء الكلي الذي يحتويه الجهاز. وقد أطفأ الهواء المتخلف الشموع الموقدة وأدى إلى اختناق الحيوانات. وعندئذ أزال لافوازييه جسيمات كلس الزئبق التي تكونت في الوعاء نتيجة التسخين وسخنها منفصلة في جهاز مشابه وجمع الهواء المزعوم الذي أخرجته. وعلى ذلك حصل من كلس الزئبق –الذي تحول الآن إلى الزئبق المعدني مرة أخرى– على الهواء الذي سبق أن اتحد به الزئبق في الجزء الأول من التجربة– وكان هذا الهواء صالحا للتنفس. وعند مزجه بالهواء الذي سبق فصله منه حصل على الهواء العادي مرة أخرى. وسرعان ما أعطى هذا الهواء الصالح للتنفس الاسم الذي يحمله حتى الآن: الأكسجين. وفي هذه التجربة الكلاسيكية بين لافوازييه أن الهواء العادي يتكون من هواءين لهما خواص مختلفة بصورة مدهشة، خواص متعارضة في الحقيقة وفصلهما الواحد من الآخر.

ولم تُستقبل نظرية لافوازييه استقبالا حسنا على الإطلاق من معاصريه الذين اعتادوا كثيراً على طريقة التفكير القديمة، بل إنه فشل في إحداث تأثير جدي على المعتقدات القديمة عندما بدأ في عام ١٧٨٣ ينقد نظرية "الفلوجيستون" على ضوء تجاربه الخاصة.

ولكن لافوازييه استطاع في نفس هذه السنة ١٧٨٣ –من التجارب التي أجراها هنري كافندس– أن يتقدم بنظريته خطوة أكبر ليفسر تركيب الماء. إن "الهواء القابل للاشتعال"، أو الأيدروجين كما نسميه الآن– يمكن أن

يحترق. وعلى ذلك يجب طبقا لنظرية لافوازييه أن يتحد مع الأكسجين كما تفعل المواد الأخرى القابلة للاحتراق. ومع ذلك فشلت كل المحاولات للحصول على ناتج من هذا الاحتراق إلى أن وجد كافندش أنه عندما احترق "الهواء القابل للاشتعال" في الهواء العادي أو الأكسجين نتج الماء. وعندما سمع لافوازييه بهذا في عام ١٨٧٣ قام بتجربة مبدئية لإثبات هذه الحقيقة. وانتهى إلى أن الماء مركب من الأكسجين "والهواء القابل للاشتعال" الذي أعاد تسميته فيما بعد بالأيدروجين (يعني مولد الماء)، وسرعان ما أكد هذا بتحليل الماء إلى عنصريه الغازيين.

بدأت نظرية الاحتراق الجديدة مع تفسيراتها المقبولة لدور الهواء أو الأكسجين في التنفس والتكلس تحوز القبول سريعا. وألغيت النظرية القديمة تدريجياً ولكن لم يحدث هذا بغير جدل ونضال عنيف. ووجد الآن أن الاحتراق عملية اتحاد كيميائي مع الأكسجين– أكسجين الهواء المتحد مع المادة المحترقة وكان يظن فيما سبق أن الاحتراق عملية تحلل المادة القابلة للاحتراق مع إطلاق ما فيها من الفلوجيستون. ووجد الآن أن الأكسجين الذي يدخل الرئتين في التنفس يتحول إلى ثاني أكسيد الكربون. وانتهى لافوازييه– بالتعاون مع العالم الرياضي لابلاس **Laplace** إلى أن التنفس نوع من الاحتراق البطيء وأن درجة الحرارة الدائمة للكائن الحيواني تضبطها الحرارة المتولدة في عملية التنفس من خلال اتحاد الأكسجين مع المادة الكربونية في الدم.

وكان الهواء مزيجاً من غازين بينما كان الماء مركبا وليس أحدهما عنصرا واحدا.

وبين لافوازييه أيضا أن المادة في التغيرات الكيميائية لا تفنى ولا تستحدث، وأن الوزن الكلي لنواتج التغير الكيميائي يساوي الوزن الكلي للمواد المأخوذة أصلا. وبذلك أرسيت الكيمياء على أساس كمي، وعندئذ رسمت أول لوحة للتوازن الكيميائي.

وكان تطوير لغة الكيمياء أهم النتائج الفورية لهذا التقدم العظيم. ولم يكن لأسماء المواد القديمة أية علاقة بالطبع بتركيبها الكيميائي، وتعذرت معرفتها حتى اكتشفت العناصر التي تتركب منها. وتبعاً لذلك طبق لافوازييه تعريفا وضعه روبرت بويل **Robert Boyle** عام ١٦٦١ يحدد العنصر بأنه مادة لا يمكن تحليلها إلى أي شيء أبسط. وطبق هذه الفكرة بطريقة حذرة جدا، فلم يؤكد أن مثل هذه المواد –التي تبدو غير قابلة لزيادة التحلل– هي في الحقيقة عناصر، ولكنها يجب أن تعد عناصر حتى يظهر في الأفق دليل على العكس. وعلى ذلك رسم أول جدول عندنا للعناصر الكيميائية اشتمل على الأكسجين والأيدروجين والأزوت (النيتروجين في تسميتنا الحديثة) والكبريت والفسفور وعدد كبير من المعادن. وقد أدت الاكتشافات التالية منذ ذلك الحين إلى زيادة عدد العناصر المعروفة لنا زيادة عظيمة بالطبع. وبعد أن حدد لافوازييه المواد التي يمكن أن تعد عناصر، أخذ على عاتقه مع بعض الكيميائيين الفرنسيين الذين قبلوا آراءه أن يضع نظاما مناسبا للأسماء الكيميائية وذلك بإعطاء كل مادة معروفة اسما يقابل تركيبها الكيميائي. فكثيرا ما أطلقت الأسماء القديمة لتدل على بعض الخواص الطبيعية للمادة أو طريقة تحضيرها أو لتخلد اسم مكتشفها أو المكان الذي وجدت كمعدن فيه،

وكانت الأسماء في الغالب ثقيلة. وكانت في بعض الأحيان لا معنى لها. وعلى سبيل المثال عرفت مادتان سامتان جدا -وهما مركبان للزرنيخ والأنتيمون- باسم "زبد الزرنيخ وزيد الأنتيمون".

إن لغة العلم -كما أكد لافوازييه- هي نفسها أداة تحليلية. وقد أعطانا النظام الجديد للأسماء الكيميائية دليلا واضحاً -في كلمة أو كلمتين- على تركيب كل مادة وطبيعتها الكيميائية، ذلك النظام هو الذي لا يزال يستخدم حتى اليوم مع تعديل طفيف بعد أكثر من قرن ونصف من الاكتشافات المتوالية.

وتمت الثورة في الكيمياء. إن تاريخ الكيمياء الحديثة يبدأ منذ نشر كتاب لافوازييه الكلاسيكي العظيم: مبادئ الكيمياء **Traité élémentaire de Chimie** الذي نشر في باريس عام ١٧٨٩ وترجم إلى الانجليزية ونشر في إدنبره عام ١٧٩٠ تحت عنوان **Elements of Chemistry** وفيه وضع النظام الجديد بكل الوضوح العميق الذي يميز التفكير الفرنسي. ويمكن أن نذكر جملة واحدة من هذا الكتاب -الذي يوازي كتاب نيوتن "المبادئ" **Principia** كواحد من أعظم الكتب العلمية جميعاً- جملة توضح المظهر الجاد لمؤلفه بصفة خاصة: "لقد فرضت على نفسي قانوناً ألا أتقدم إلا من المعلوم إلى المجهول وألا أستنتج النتائج التي لا تستخلص مباشرة من التجارب والملاحظات"[٨].

---

(٨) سبق للحسن بن الهيثم العالم العربي الذي عاش في القاهرة فترة طويلة من حياته حتى مات أن نادى في بعض مؤلفاته بأن الحقائق العلمية ترتكز في الأساس على التجربة والاختبار. المترجم.

وسرعان ما بدأت الكيمياء الحديثة تؤتي أكلها. ففي الصناعات الكيميائية –التي كانت في بداية تطورها الحديث– تحسن فهم العمليات الصناعية وتلاه تحسن في الأساليب القديمة. وقد طبق لافوازييه نفسه اكتشافاته في خدمة فرنسا فقام بأبحاث كثيرة للحكومة الفرنسية. وضرب أول مثل على العالم الذي يكون في خدمة الأمة. وكان أول أعماله القومية الهامة تطوير صناعة مسحوق البارود التي أرساها على أساس اقتصادي وعلمي مقبول. وبحث مبادئ المناطيد بعد أن صعد بها لأول مرة الأخوان مونت جولفييه **Montgolfier** عام ١٧٨٣، وساعد في رسم أول الخرائط الجيولوجية لفرنسا، وابتكر نظاما لإضاءة المدن والبلاد الكبيرة في الليل. ودرس كثيرا من هذه المشاكل التي كان للكيمياء أن تساهم مساهمة هامة فيها جميعا، لأن الكيمياء هي العلم الوحيد الذي يمس حياتنا من كل النواحي.

يظن البعض أحيانا أن العلم والعلماء يهتمون بالاكتشافات العلمية فقط ولا يهتمون كثيرا بتطبيقها. وينقص اهتمامهم بالجوانب الإنسانية البارزة للحياة. لقد كان مؤسس الكيمياء الحديثة من الذين أثبتوا أن أروع التطبيقات يولد من أروع النظريات، وبيّن أنه رجل إنساني عظيم. وعندما دعته الحكومة الفرنسية كأبرز عالم في عصره ليكتب تقارير عن المستشفيات والسجون ذهب في توصياته إلى أبعد من تناول التهوية والنظافة على ضوء الكيمياء الحديثة. فبالنسبة للمستشفيات حث على تقسيم المرضى الذين يقاسون من الأمراض المختلفة وفصل ضعاف

العقول عن المرضى. وبالنسبة للسجون حث على فصل معتادي الإجرام عن المذنبين لأول مرة. وأعلن عقيدته في أن هدف السجن هو إعادة تربية السجين حتى يعود إلى الحياة مواطنا صالحا. وتبدو إنسانيته واضحة جدا في اقتراحاته لإنشاء نظام الدولة في التعليم الذي سمي فيه التعليم (الواجب الذي تدين به الدولة للطفل)، وفي اقتراحاته لإنشاء نظام للتأمين الاختياري التعاوني ضد المرض والشيخوخة. إن هذه الألوان الأخرى من النشاط جديرة بالذكر عند استعادة تطوير لافوازييه لعلم الكيمياء. وجدير بالذكر كذلك نهايته الدامية على المقصلة كضحية للثورة الفرنسية عقابا على منصبه السابق، إذ كان موظفا في العهد البائد.

الفصل التاسع

التطورات العلمية في أوائل القرن التاسع عشر

الدكتور/ ف. شيروود تيلور
F. Sherwood Taylor, M. A., PH.D.
مدير متحف العلوم في ساوث كينزينجتون

إن السنوات الأولى للقرن التاسع عشر أهم السنوات في تاريخ العلم، فقد غيرت الحقائق والنظريات الجديدة أغلب العلوم تغيرا كليا. وفضلا عن هذه الأمور، بدأت أعظم التغيرات جميعاً في أسلوب معيشة الإنسان الخارجية عندما طبق العلم في الصناعة.

ويمكن أن نضرب مثلا على التحول في العلم بتأثير النظرية الذرية لجون دالتون (١٨٠٥) على الكيمياء. فقد خلعت على الكيمياء مظهرها الحديث، إذ كان هدفها الرئيسي العلاقة بين التركيب الذري للمركب وخواصه. إن أفكار الكيميائيين قبل عصر دالتون (فيما عدا لافوازييه) تبدو لنا عتيقة جدا، وقد تكون رائعة كما يبدو من أبحاثهم التجريبية، ولكن أبحاث الكيميائيين الذين جاءوا بعد دالتون ولنذكر رجلا مثل بيرزيليوس **Berzelius** أو ليبج **Liebig** تبدو معقولة ذات معنى. وهم يتحدثون لغتنا ويحاولون أن يعملوا ما نحاول أن نعمله. وعندئذ سنجد في كل علم تقريبا أن القرن التاسع عشر –في أوله– قدم اكتشافات بدأت عصرا جديدا بكل ما في الكلمة من معان– اكتشافات أساسية إلى

حد أن سنوات كثيرة مضت قبل التحقق من أثرها الكامل. ومع كل فلم يكن هذا كل ما في الموضوع. إن العلماء لا يعنيهم فقط أن يكتشفوا حقائق جديدة ويشرحوا الظواهر الجديدة ويصفوا الطبيعة بدقة أكثر، ذلك لأنهم يوجهون جهودهم أيضاً نحو استخدام هذه المعرفة لإشباع رغبات الإنسان. وقد أحدث العلم في السنين ١٨٠٠- ١٨٥٠ ثورة في أسلوب حياة الإنسان بتيسير الحصول على الطاقة الكامنة في الفحم. وطبيعي أن يمضي دائماً بعض الوقت بين اكتشاف القاعدة العلمية واستخدامها لسد حاجات الإنسان، وقد كان هذا الوقت طويلا جدا منذ مائة وخمسين عاما عندما ندر أن يوجه العلماء الصناعة. وعلى ذلك فسنجد أن علم القرن الثامن عشر كان -بصفة أساسية- مستخدما في الصناعة في أوائل القرن التاسع عشر، بينما آتت الاكتشافات العظيمة في العصر ثمراتها في أواسط القرن التاسع عشر والسنوات التالية. ولننظر إذن فيما اكتشفه العلماء والفائدة التي تحققت منه.

ولنأخذ أولاً الفيزياء وتطبيقاتها. وكان أحد فروع ذلك العلم بالغ التقدم، وأعني به الميكانيكا التي أرساها نيوتن على أساس سليم دائم قبل أكثر من قرن وعلى ذلك وجد رجال القرن الثامن عشر أن الأسلوب العلمي الصحيح في الأمور الميكانيكية هو الرياضيات. وتعلموا بالإضافة إلى ذلك (من خلال صناعة الساعات والأدوات العلمية إلى حد كبير) الصناعة الميكانيكية، أعني المهارات المطلوبة لتشكيل المعدن في أشكال هندسية دقيقة. وأخيرا أدى تطبيق المبادئ الأولية لعلم الحرارة

على آلات المضخات البدائية في منتصف القرن الثامن عشر إلى تمكين جيمس وات **James Watt** بعد عام ١٧٨٠ من إنتاج آلات ذات كفاءة استطاعت أن تدير العجلات والأذرع في مئات من المكنات. وقبيل بدء القرن التاسع عشر تحقق العلم من إمكانيات المكنة التي تسير بالبخار. وظلت قصة الصناعة طيلة خمسين عاما بعد ذلك تكشف وتبحث عن منافع لآلات البخار وتحسِّنها. وطُبقت قوة البخار في مكنات النسيج في العقدين الأخيرين من القرن الثامن عشر، وفي العقد الأول من القرن التاسع عشر بدأنا نسمع عن أول القاطرات البخارية العملية والزوارق البخارية. وكانت الحاجة إلى آلات ومكنات ضخمة شديدة الكفاءة تفوق الحاجة إلى مهارة الحدادين والمهندسين وقوتهم المحدودة. وعلى ذلك نسمع في هذه العقود الأولى من السنين ملاحظة جديدة لم تكن الصناعة تستطيع أن تتقدم أبدا بدونها، وهي استخدام المكنات التي تسير بالقوة في صناعة الآلات. واعتمدت صناعة القرن الثامن عشر على المخارط الخفيفة التي تحركها القدم وعلى المبارد والمطارق التي تستخدمها قوة الإنسان. ولكن هذه تركت مكانها في أوائل القرن التاسع عشر للمخارط حديثة الاختراع التي تسير بقوة البخار والمكاشط وأخيرا مطرقة نازميث **Nasmyth** البخارية. وكان الميدان الذي انفتح أمام هذه الصناعة الجديدة عظيما جدا إلى درجة أن أغلب موارد البلاد المتوفرة من رأس المال والعمال استغلت في الهندسة الميكانيكية، في تجارة النسيج أولا ثم في انتشار السكك الحديدية والبواخر على سطح الأرض والبحر.

ويمكن أن يقال إذن إن القوة كانت من أعظم ما اهتم به العلم المتحضر. وكان لهذا الاهتمام انعكاسات تالية على العلم. وكانت هناك دائماً مشكلة ترابط القوى الطبيعية: الحرارة والضوء والكهرباء والمغناطيسية والتجاذب الكيميائي. وكانت أهم حقيقة في الحرارة عندئذ هي أنه يمكن تحويلها إلى عمل. وكذلك أمكن تحويل التيار الكهربائي الذي اكتشف حديثا إلى حرارة أو ضوء أو عمل، وأمكن أن يحدث تغيرا كيميائيا (في التحليل الكهربي مثلا)، وأمكن للتغير الكيميائي أن ينتج كهرباء أو حرارة أو ضوءا أو عملا. وكذلك نجد رجال العلم يسجلون تدريجيا ملاحظة أن هذه القوى جميعها يمكن تحويل إحداها إلى الأخرى تبعا لتعريفة ثابتة –إن صح هذا التعبير– وأنه يمكن التعبير عنها جميعاً تحت اسم واحد هو الطاقة. وقد يظن حينئذ أن اشتغال الصناعة السابق بالقوة ساعد في إحداث ذلك التعميم العلمي الكبير لحفظ الطاقة. وفي الحق أن هذه العلاقة بين الصناعة والعلم الجديد كانت في النادر علاقة مباشرة، ويبدو أن غالبية الاكتشافات العلمية العظمى في ذلك العصر كانت مستقلة عن الصناعة أو بعيدة الصلة بها على الأقل.

وعلى ذلك يمكن أن نذكر مثلا اكتشاف فولتا **Volta** للبطارية الكهربية عام ١٧٩٩، وهي التي أعطت لأول مرة تياراً كهربياً مستمراً نسبياً. وكان علماء القرن الثامن عشر على علم بتأثيرات الكهرباء الاحتكاكية فقط، وكميتها ضئيلة وإن يكن فرق الجهد فيها عالياً جداً. وفي السنوات الأولى من القرن التاسع عشر أدى الاكتشاف الجديد إلى

اكتشاف التحليل الكهربي والقوس الكهربي والمغناطيس الكهربي وملف الحث. وأدت هذه بدورها إلى أعظم اكتشاف لفراداي **Faraday** وهو إمكان توليد الكهرباء بتحريك موصل في مجال مغناطيسي، وهو الذي كان بداية الدينامو والموتور الكهربي. وأدى إلى إدخال المعلومات الشائعة حينئذ عن القوة الدافعة الكهربية (أو فرق الجهد)، والمقاومة والتيار وقوانين المغناطيسية الكهربية. ومع ذلك فإذا التفتنا إلى الجوانب العملية وجدنا الكهرباء عديمة الفائدة في الصناعة حتى عام ١٨٤٠ تقريباً عندما استخدم البرق الكهربي (التلغراف) والطلاء بالكهرباء. ويمكن في الحقيقة أن نقول إن الاكتشافات الكهربية في الفترة ١٨٠٠– ١٨٣٥ إنما أثمرت فقط في الفترة بين ١٨٧٠– ١٩٠٠.

من أعظم الاكتشافات في الفيزياء أيضاً إثبات أن الضوء لا يتكون فقط من تيارات تتألف من جسيمات صغيرة –كتلك الجسيمات في المادة– ولكن له خاصة الحركة الموجبة المستعرضة. وتم الاكتشاف بين السنوات ١٨٠٠– ١٨٢٠، ولكن هذا الاكتشاف لم يكن له أي تأثير على صناعة البصريات حتى سنوات القرن الأخيرة.

وكانت الفيزياء أكثر العلوم تقدما في عام ١٨٠٠. وكان الكيمياء في الجانب المقابل –على الرغم من توضيح لافوازييه لها إلى حد كبير– لا تزيد إلا قليلا عن وصف المركبات وطرق تحضيرها. وحدث أعظم تقدم في تاريخ الكيمياء بين سنوات ١٨٠٣ و١٨٠٨، وذلك هو النظرية الذرية لجون دالتون **John Dalton** قد تكرر ظهور النظريات

الذرية واختفاؤها منذ أكثر من ألفي سنة، ولكن هاهنا لأول مرة نظرية أثبتت جدارتها بتفسير النسب الخاصة ظاهريا والتي تتحد بها العناصر الكيميائية لتكوين المركبات. وربما أثمر هذا الاكتشاف في الصناعة أسرع من الاكتشافات الأخرى التي ناقشناها. وأدت النظرية الذرية على الفور إلى فكرة المكافئات الكيميائية والتراكيب. وكانت هذه أساس نظرية التحليل الكيميائي التي جعلت تحكم العلم في الصناعة الكيميائية أمراً ممكنا. وبالإضافة إلى هذا فإن الضوء الذي ألقته النظرية على علاقة مادة كيميائية بمادة أخرى سرعان ما أدى إلى اكتشاف المواد التي كانت قيمة النفع للإنسان. وقد يكون الكلوروفورم مثلا رائعاً على ذلك.و مع كل فإن النظرية الذرية كما قدمها دالتون ومعاصروه كانت مليئة بالصعوبات، ولم يتغير الوضع إلا في العقد السادس من القرن الثامن عشر عندما دعا كانيزارو **Cannizzaro** أن يستخدم العالم فرض أفوجادرو **Avogadro** الذي جعل النظرية واضحة تماما ومتناسقة، يمكن تطبيقها على كل الظواهر الكيميائية. وفي الحق إن النظرية الذرية حققت انتصارها عندئذ، وساعدت في صورتها الجديدة على اكتشاف التركيب المدهش للكيمياء العضوية بما فيها من العقاقير المفيدة والأصباغ الجميلة والمفرقعات المدمرة. ومع ذلك فإن أعظم اختراع في الصناعة الكيميائية في أوائل القرن التاسع عشر لم يأت في الحقيقة من أية نظريات كيميائية على الإطلاق، وكان هذا اختراع عملية لصناعة وتوزيع غاز الفحم، ويرجع تاريخها إلى السنوات الأولى من ذلك القرن. وعندما حل عام ١٨١٥ أصبح من المعروف أن مصانع الغاز صورة

مصغرة من نفس المؤسسات الهائلة التي تغطي مدننا اليوم. وكانت تستخلص النواتج الثانوية كأملاح النشادر. وكانت البحوث تجري على القطران وهو مصدر كثير جداً من الكيميائيات الهامة.

وكانت حالة البيولوجيا أكثر بدائية بكثير من الفيزياء أو الكيمياء. إن المجهر هو الأداة الرئيسية لعالم البيولوجيا، ولم تكن المجاهر في عام ١٨٠٠ أحسن حالا من تلك المجاهر قبل مائة عام. وكان دولوند Dollond قد اخترع عدسة المنظار المقرب (التليسكوب) الشفافة في عام ١٧٥٨، ولكن لم يصنع أحد عدسة شيئية شفافة للمجهر حتى عام ١٨٢٥. ذلك الاكتشاف الجديد جعل من الممكن تركيب المجاهر عظيمة التكبير. وفي عام ١٨٣٨- ١٨٣٩ أعلن شوان Schwann وشلايدن Schleiden نظرية الخلية في الحيوانات والنباتات، ولعلها الفكرة الأساسية الأولى في البيولوجيا. ولكن المجهر لم يكن الشيء الوحيد الذي احتاج إليه علم البيولوجيا، لأن النشاط الأساسي للمادة الحية كيميائي، وكانت الكيمياء التي سيحتاج إليها علم البيولوجيا لا تزال في طي الغيب. ومع ذلك استطاع الكيميائيون أن يبينوا أن كيمياء الأجسام الحية -في بعض الجوانب على الأقل- مماثلة للكيمياء في المعمل. وذهبوا بعيداً نحو تكذيب الاعتقاد في قوة حيوية خاصة كان يفترض قدرتها على بناء عناصر المواد الحية.

وكذلك ظلت كيمياء الحياة شديدة الغموض، ولهذا السبب كان أوضح تقدم في البيولوجيا هو دراسة الخصائص الظاهرة للكائنات وعلى

الأخص الكائنات القديمة في الماضي السحيق. وهنا طريقان للبحث فقد درس علماء التشريح المقارن مثل كوفييه **Cuvier** قوانين تركيب الكائنات الحية، وبدأ الجيولوجيون دراسة طبقات الأرض. ووجدوا أن طبقة معينة يمكن تمييزها بصفة عامة بواسطة الحفريات التي تحتويها. ولذلك تلقى علم الحفريات –وهو دراسة الكائنات العضوية القديمة– دافعاً هائلا. وكشفت هذه الدراسة تاريخ الأرض القديم الذي لم يحلم به أحد من قبل، وفرضت على الناس فكرة جديدة تماما عن قدم الحياة على هذا الكوكب.

وعلى الرغم من أن هذه الاكتشافات لم تكن لها نتيجة في الصناعة، إلا أنها لم تكن في الحقيقة منفصلة عنها. فإن هندسة السكك الحديدية كانت تتطلب أعمال الحفر على نطاق واسع لأول مرة، وأعمال القطع وشق الأنفاق. وكشفت هذه عن قدر عظيم من المعلومات الجيولوجية، وكانت تلك المعلومات مفيدة مرة أخرى في بناء غيرها. وعلى ذلك كانت الهندسة فرصة لدراسة الجيولوجيا على الأقل، وأدت بدورها إلى معرفة جديدة بالماضي، وإلى بعض نظرية التطور نفسها.

وكان للعلوم البيولوجية تأثير ضئيل في هذه الفترة على الطب الذي نشأ التقدم الرئيسي فيه من الملاحظة العملية أو التجربة. فكان اكتشاف جينر **Jenner** للتلقيح نتيجة للملاحظة الحاذقة لا للنظرية الطبية. وكذلك كان الاكتشاف العظيم الآخر في تلك الأزمنة –أعني عقاقير التخدير التي استعملت في العقد الخامس من القرن الثامن عشر– نتيجة

للتجربة على الرغم من أن تقدم الكيمياء هو الذي يسَّر الحصول على هذه العقاقير المخدرة مثل أكسيد النيتروز والكلوروفورم.

لقد رأينا إذن –فيما بين عامي ١٨٠٠– ١٨٤٠– اكتشافات بالغة العظمة في أغلب العلوم، وتطورا هائلاً في استخدام القوة في الصناعة. وكان لهذه الأمور آثارا بعيدة على أسلوب الإنسان في الحياة. فقد أدى تطور الصناعة إلى تجميع العمال من قرى الريف في المصانع المزدحمة في المدن التي تتركز حول الفحم والحديد وعليهما تعيش الصناعة. والنتيجة في إيجاز أن إنجلترا تحولت من دولة من العمال الزراعيين وأصحاب الحرف إلى دولة من عمال المصانع يسكنون في المدن، ولم يحدث شيء لتيسير الانتقال فتكاثر بناء المنازل، وكانت أسوأ وأرخص ما أجره أمراء الإقطاع، ولم يلتفت أحد إلى المسائل الصحية. وبلغت زيادة الأمراض حدا جعل من المتعذر تجاهل الأمر. ودعت الحالة المزعجة في الأماكن الصناعية المزدحمة بعض الرجال إلى بحث أسباب هذا المرض المنتشر ومحاولة منعه. واقتنع رجال مثل إدوين شادويك Edwin Chadwick، وساوث وود سميث South wood Smith بالصلة بين المرض والقذارة، وكانا زعيمين لحركة إصلاح صحي مناسب. ولكن تقدمهما كان بطيئا جدا لسببين: في المحل الأول أن أحدا لم يثبت العلاقة بين القذارة والمرض. وإذا كان صحيحا أن هؤلاء الذين عاشوا في أحوال قذرة كانت نسبة الوفيات عالية بينهم مما سُمي "بالحمى"، إلا أن الحمى كانت أيضاً شائعة بين أولئك

الذين عاشوا على أسلوب غاية في النظافة. وكانت تهيئة الأحوال الصحية المناسبة باهظة التكاليف ولا يمكن أن تحدث بجرة قلم. وفي الحق إن أشق الصعوبات كانت في الحصول على أية تغييرات في أنظمة المجاري وتزويد المياه والإسكان، لأن الرقابة القانونية عليها كانت ضئيلة أو معدومة، كما كانت فكرة الرقابة بالذات على أي مرفق في الحياة منفرة للإنسان في ذلك الحين، وهو الذي استطاع أن يقول بكثير من الصدق "إن بيت الرجل الإنجليزي هو قلعته" وإن للإنسان أن يختار لنفسه ما يشاء. ولم نعرف على التحقيق مصادر نقل الأمراض ونجند أنفسنا لمقاومتها إلا بعد أن أثبت باستير وغيره نظرية الجراثيم في المرض حوالي سنة ١٨٨٠.

ولا مجال للإشارة إلى التقدم الرائع في المواصلات التي نتج عن وسائل النقل التي تسير بالبخار وأثرها في توحيد العالم فإن قليلا من التأمل يمكنك سريعاً في إدراك النتائج.

وأخيرا أدى تقدم العلم العظيم إلى إقناع الناس بأهميته. وحمل طوفان من الكتب الشعبية ما سمي "بالمعرفة المفيدة" إلى أي إنسان يملك بضعة قروش. وألقيت المحاضرات في الموضوعات العلمية في كل أنحاء البلاد، وأنشأ هواة العلم المعامل في قاعات الضواحي وكنائس الريف. ومع ذلك فقد تأخر دخول العلم جداً كمادة للدراسة المنتظمة في المدارس والجامعات. وكانت هناك بعض الأماكن المتخصصة في التعليم كمدارس الطب التي أمكن فيها تعلم قدر كبير من الكيمياء. وكان

للجامعات دائماً في أوروبا كثير من الكليات، كما كان العلم يدرس جيدا في كثير من مدن فرنسا والسويد وألمانيا التي ذهب إليها في الحقيقة عدد كبير من علماء المستقبل عندنا. ولم تعتبر جامعاتنا القديمة أن مهمتها تدريب أي إنسان على مهنة. وكانت تمنح درجة البكالوريوس في الآداب لأولئك الذين درسوا العلم القديم من خلال المؤلفات الكلاسيكية أو لأولئك الذين أتقنوا دراسة الرياضيات. ولم تمنح جامعة أكسفورد وجامعة كمبريدج درجات علمية إلا بعد عام ١٨٥٠ وحذت المدارس حذوها، وبدا تدريس العلوم في المدارس –بطريقة متحمسة نوعا– حوالي سنة ١٨٦٠.

ماذا يمكن أن نقول إذن عن السنوات بين ١٨٠٠– ١٨٥٠؟ لقد كانت فترة عظيمة لبدايات جديدة في العلم. أنشأ القرن السابع عشر الطريقة العلمية، وقرر القرن الثامن عشر عددا كبيرا من الحقائق، واخترع أنواعا كثيرة من الأساليب التطبيقية، واكتشف كل الرياضيات وأكثر مما احتاج إليه علماء النصف الأول من القرن التاسع عشر. وكان القرن التاسع عشر في أوله عصر بدايات جديدة في العلم، والعهد الذي يمكن أن نبدأ به تاريخ علوم الفيزياء والكيمياء والبيولوجيا الحديثة. وكذلك كان الزمن الذي بدأ فيه استخدام القوة يغير معالم العالم. ونقول في إيجاز إن العالم المتحضر اقتنع بنفسه في تلك السنين بقيمة العلم كوسيلة لشرح العالم المادي وكوسيلة لإنتاج الأشياء. ولم يكن أحد حتى ذلك الحين يتنبأ بأن العلم قد يؤدي إلى نتائج سياسية تهز العالم، وذلك بجعل الأمم

يعتمد بعضها على بعض، وازدياد التقارب بينها. كل شيء بدا حسنا، فكان التقدم في الجو، وبدت الدنيا في الحقيقة تتجه إلى الأمام في فجر وردي من الرفاهية الآلية والصدق العلمي.

الفصل العاشر
باستير ومشاكل البكتيريا

الدكتور/ هيوكليج
Hugh Clegg, F. R. C. P
رئيس تحرير المجلة الطبية البريطانية

ولد باستير في عام ١٨٢٢ ومات في عام ١٨٩٥. وكان أبوه دباغا في إحدى مدن جبال جورا. وقد سبق أن اشتغل رقيبا في جيش نابليون. وقد شهد باستير ثورة ١٨٤٨ كما شهد حرب ١٨٧٠ بين فرنسا وبروسيا. وعندما اجتاح الألمان فرنسا في سنة ١٩٤٠ انتحر جوزيف مايستر الذي كان يعالجه باستير من مرض الكلب عام ١٨٨٥ إذ كان صبيا. وقد حارب والد باستير تحت لواء نابليون.

وكان باستير يتحمس في الإيمان بالعلم، فكتب يوجه الخطاب إلى بلده الحبيب فرنسا عندما بلغ الخامسة والأربعين من عمره:

"إنني أصلي من أجلك... وأهيم بتلك الأماكن المقدسة التي تسمى المعامل... هناك تنمو الإنسانية أعظم وأفضل وأقوى. بينما تكون أعمال الإنسانية نفسها في كثير جدا من الأحيان هي أعمال الوحشية والتعصب والتدمير". ولم يكن باستير كرجل بسيط الإيمان، يتخذ من العلم إلها فقال: "إن العلم يقرب الإنسان إلى الله".

وكان عاديا تماما في الدروس في أثناء صباه– وعندما نجح فيما يعادل شهادة الثانوية العامة عندنا ذكر أساتذته الممتحنون أنه ليس إلا متوسطاً في الكيمياء. ولكن باستير لم يكن كسولا فقد كان دستوره العمل. واعتاد أن يردد: "إن العمل أمر ضروري." وكان صاحب ذهن جاد وتصميم على النجاح نرجعه إلى خلق التيوتون أكثر مما نرجعه إلى الفرنسيين الأصلاء. وقال في خطاب إلى حميه المنتظر: "أما فيما يتعلق بالمستقبل فسأقف نفسي كلية على البحث الكيميائي ما لم تتغير ميولي تغيرا تاما". وكان قد كتب في جملة سابقة: "ليس لدي ثروة على الإطلاق. إن وسائلي هي الصحة الطيبة وبعض الشجاعة ومكاني في الجامعة فحسب". وذكر لحماته المنتظرة. "ليس عندي ما يثير خيال فتاة صغيرة." وقال لخطيبته: "سيبدي لك الزمن أن وراء مظهري البارد الخجول الذي لا يسر قلبا مليئا بالحب لك".

ها نحن نحصل على بعض ملامح الرجل فهو جاد الهدف ينذر نفسه للسعي وراء الحق في العلم، لا يتساهل مع نفسه كما لا يتساهل مع الآخرين. وهو متحفظ ولعل نصيبه من الفكاهة قليل، ولكن يشد أزره إحساس بالواجب. وكان باستير يكره الادعاء والمظاهر الرسمية. وكان عليه أن يقابلها جميعا خلال المناقشات في الأكاديمية الطبية في باريس. وإذ حارب هذه الأمور فقد كان عليه أيضا أن يكافح كثيرا من الأسى الشخصي والمرض. فقد ثلاثا من بناته في صباهن، وحدثت له في سن السادسة والأربعين جلطة دموية في أحد شرايين مخه فتركت جانبا

من جسمه مشلولا. ومع ذلك فقد أخرج بعضا من أخطر مشاركاته في علم الجراثيم بعد أن شفى من هذا المرض القاتل إلى حد كبير.

ولم يكن باستير من رجال الطب ولكنه برز كرجل من أهم العلم بوصفه كيميائيا في سن باكرة هي سن السادسة والعشرين. وبين أن قدرة الصور المختلفة لحامض الطرطريك على توجيه ضوء الاستقطاب إلى الشمال أو اليمين تعتمد على الفوارق في التركيب البللوري. وكان هذا بداية ما يعرف اليوم بعلم الكيمياء الفراغية **Stereochemistry**. وقد منحت الجمعية الملكية في لندن باستير مدالية رمفورد جائزة على اكتشافه.

وقد قدم ثلاث مشاركات هامة لحل مشكلة البكتريا. فوجد أولا أن بعض الميكروبات وهي كائنات حية تتركب من خلية واحدة- تفسد النبيذ والبيرة، وأن هذا يمكن منعه بتسخين الشراب عند درجة معينة من تخمره بواسطة البكتيريا. وأثبت أيضا أن الخميرة ميكروب حي من خلية واحدة، وذلك كي يستخدم تعريفا يشمل البكتيريا والحيوانات ذات الخلية الواحدة التي تسمى البروتوزوا. وبعد أن أثبت أن الميكروبات قد تعدى النبيذ والبيرة، بين ثانيا أن نفس الشيء يمكن أن يحدث في دودة القز والبقر والأغنام والرجال والنساء. واكتشف ثالثا أن مصلا يصنع من الميكروبات الضعيفة لو حقن في حيوان فإنه يحميه من عدوى تالية بنفس الميكروبات.

وقد يكون من الطريف- قبل أن نناقش اكتشافاته في شيء أكثر من التفصيل، أن ننظر في عمل بعض السابقين لباستير. إن مشكلة

البكتيريا بالنسبة للمرض هي مشكلة العدوى الحية. أعني أنها مشكلة ما إذا كان المرض المعدي ينشأ عن جسيمات حية وهل يمكن نقل هذه الجسيمات الحية من شخص إلى آخر باللمس أو الاتصال. فإذا كان المرض المعدي تسببه جسيمات حية فإن المشكلات التالية التي تحتاج إلى حل هي طبيعة الجسيمات وصفاتها. كيف تعيش وتتكاثر وكيف تنتقل وماذا يمكن أن يوقفها أو يقتلها؟

وعندما أخرج باستير اكتشافاته حوالي منتصف القرن التاسع عشر كانت فكرة العدوى الحية كسبب للمرض تبلغ من العمر قرونا. وكذلك كانت فكرة أن العدوى يسببها ضباب ضار أي نوع من التأثير الغازي في الهواء. كما كانت فكرة تولد الحياة تلقائيا فكرة قديمة قدم أرسطو الذي اعتقد أن ثعابين الماء الحية يمكن أن تتولد من الطين الذي لا حياة فيه ومن الرطوبة. أما أن العدوى أو التلامس كانت سببا لنشر بعض الأمراض فقد فهم ذلك اليهود الذين عزلوا المجذومين منذ أكثر من ألفي سنة. وكان عزل المجذومين في مستعمرات الجذام أمرا مألوفا في انجلترا في العصور الوسطى. وفي عام ١٥٤٦ حدس فراكاستورو –الذي درس في بادوا مع كوبر نيكوس– أن مادة معدية حية هي سبب العدوى ولكن الفضل في اكتشاف البكتيريا يجب أن يرجع في الحقيقة إلى الهولندي فان ليفنهوك **Van Leeuwenhoek** وهو تاجر قماش رأى عند نهاية القرن السابع عشر خلال مجهر من صنعه "حيوانات ضئيلة جدا لا تعد ولا تحصى ومن أنواع مختلفة". وكانت الكائنات الأكبر التي وصفها

ورسمها هي البروتوزوا أو الحيوانات ذات الخلية الواحدة، وكانت الكائنات الأصغر هي البكتيريا وهي القطاعات الصغيرة الميكروسكوبية ذات الخلية الواحدة في المملكة النباتية.

ولم يتعرض فان ليفنهوك لفكرة أن البكتيريا قد تسبب المرض على الرغم من أنه رأى تحت مجهره جراثيم من فمه نفسه. وكانت بعض الحيوانات التي وصفها تظهر في المستنقعات عندما تتحلل الحشائش. وكان بعض الطبيعيين في القرن الثامن عشر يعتقدون أن هذه الحيوانات الصغيرة خرجت من الحشائش المتحللة لا من آباء وأمهات من الحيوانات. فكانوا يعتقدون في التولد التلقائي. ولكن سبالانزاني **Spallanzani** الإيطالي أثبت بالتجربة في القرن الثامن عشر أن الحيوانات –أعني البروتوزوا والبكتيريا– دخلت في السوائل الناقعة بطريق الهواء. ووجد أن هذه الميكروبات –كما نسميها اختصارا– كانت تتحطم بالحرارة، ووجد أيضاً أن الهواء لو حجب عن مثل هذه المحاليل المعقمة فلن تظهر فيها ميكروبات. ولكن لم يفكر أحد في الربط بين اعتقاد فراكاستورو في العدوى الحية وبين الميكروبات غير المرئية التي اكتشفت تحت المجهر، وعُرف أنها موجودة في الهواء وغيره. فقد وصف فان ليفنهوك مثلا البكتيريا التي حصل عليها من فمه نفسه. وكان على نظرية فراكاستورو في العدوى الحية أن تنتظر ثلاثمائة سنة قبل أن يعم الاتفاق عليها وإثباتها. وكثيرا ما يرى الإنسان هذا الأمر في تاريخ العلم. فقد تظل النظرية ذائبة –إن صح التعبير– مئات السنين ثم تتبلور

فجأة في كيان محدد واضح متعدد الجوانب. وقد يأتي هذا التبلور نتيجة للقوى الاقتصادية، واختراع أو تحسين الأساليب التطبيقية والآلات، وظهور الرجل المناسب وفي الوقت المناسب.

وفي عام ١٨٣٠ كانت هناك ثلاثة تطورات هامة. فقد حدثت أولا تحسينات عظيمة في المجهر كانت هامة جدا. ثانياً بيَّن علماء الفرنسيين والألمان أن الخميرة كائن حي من خلية واحدة تنتمي إلى المملكة النباتية، وأن تخمر السكر إلى ثاني أكسيد الكربون والكحول ينشأ عن النشاط الحي لخليلة الخميرة. وكانت عملية حية لا ميتة. ثالثاً وقع اكتشاف المحامي الإيطالي باسي **Bassi** وهو أن مرضا معيناً لدودة القز ينشأ عن ميكروب خاص كما أمكن تقديم العدوى الحية. وكان المرض يهاجم دودة القز في فرنسا أيضا وكان أصحاب المصانع يخسرون المال نتيجة له. كما كانت صناعة النبيذ تتعرض لضربة اقتصادية حيث إن كثيرا جداً من النبيذ يفسد لأنه يصبح حمضيا لزجا. وكانت هناك أمراض كثيرة بين الأغنام والأبقار، وهو أمر خطير في بلد زراعي مثل فرنسا.

هذه الظروف وأخرى غيرها حددت اتجاه أبحاث باستير وطبيعتها. وعندما عُين أستاذا وعميد لكلية العلوم الجديدة في ليل **Lille** عام ١٨٥٤ حذره وزير التعليم بصفة رسمية "من أن يذهب به بعيداً حبه للعلم". وحثه على "استخلاص النتائج المفيدة البعيدة". ولكن باستير لم يكن يعيش في برج عاجي، وكان يحب الصراع مع المشاكل العملية. فقال في إحدى المناسبات عن رجل العلم "إن كأس نشوته تكون مترعة

عندما توضع نتيجة مشاهداته موضع الفائدة العملية على الفور". وعلى ذلك لم يسخط عندما سأله أحد أصحاب المصانع في ليل أن يكشف عما أفسد الكحول الذي كان يصنعه من سكر البنجر. وقبل هذا بعدة أشهر كان باستير قد كتب على قطعة من الورق في أثناء إعداد مذكرات لإحدى المحاضرات "مم يتكون التخمر؟ خاصية غامضة للظاهرة– كلمة عن حامض اللبنيك". وقد اشتغل بهذه المشكلة على فترات متقطعة طيلة السنين العشرين التالية.

وكان أحد اكتشافاته الأولى أن الكحول يصير حمضياً بواسطة ميكروب حي يحول السكر الموجود إلى حامض اللبنيك، وهو نفس الحامض الذي يجعل اللبن حمضيا. وبعبارة أخرى كان هذا نوعا آخر من التخمر، نوعا لا يرغب فيه التاجر. ووجد باستير أن هذا النوع الآخر من التخمر يمكن منعه بتسخين السائل –في مرحلة من مراحل تخمره الفعلي– في الكحول، وهي طريقة للوقاية أصبحت تعرف بالبسترة. وهو تعريف يطلق الآن على تسخين اللبن لجعله مأمونا للشاربين. ووفرت طريقة باستير على فرنسا ملايين الفرنكات، وقد أنقذت منذ ذلك الحين عدداً لا يحصى من الأرواح كان يمكن أن تفنى لولا بسترة اللبن. وأثبت باستير أيضا ما سبق إثباته من قبل في عام ١٨٣٠ وهو أن خلية الخميرة ميكروب حي مسئول عن تحول السكر إلى الكحول وثاني أكسيد الكربون. ولم يرض باستير لمجرد بيان هذا، وإنما أصر عليه بشغف وعناد، بل إنه أثقل على الناس فيه. وقد قيل عنه "إن باستير لم يكن مجرد عالم يرضى بالبحث عن الحق

والعثور عليه ولكنه عندما ينجح بعد جهد في الاقتناع بأي موضوع فإنه يندفع بتعصب شديد ليفرض رأيه على العالم".

وبينما كان يشتغل بالتخمر، زعم أحد مواطنيه بوشيه **Pouchet** أنه أثبت الفكرة الشاذة القديمة في البيولوجيا عن التولد التلقائي. فدخل باستير حلبة الصراع ضده بشغف وعزيمة لا تكل. وفي النهاية قال في محاضرة عامة في باريس عام ١٨٦٤ وهو يحمل إحدى قواريره التي تحتوي على مستنقع للحشائش: "وإني أنتظر وأراقب وأسألها ضارعاً أن تعيد من أجلي مشهد الخلق الأول الجميل... ولكنها بكماء لأني أبعدتها عن الشيء الوحيد الذي لا يستطيع الإنسان صنعه. أبعدتها عن الجراثيم التي تطير في الهواء... عن الحياة لأن الحياة جرثومة والجرثومة حياة". ويمكن أن نقول إن باستير عرف كيف يضع الأمر في نصابه. ولكنه في الواقع لم يزد إلا شيئاً يسيراً عن تجارب سبالانزاني التي قام بها قبله بمائة عام.

وفي أثناء تجارب باستير الهادفة إلى إثبات خطأ الفكرة السائدة عن التولد التلقائي كتب هذا. "إن أعظم ما نرغب فيه أن ندفع هذه الدراسات إلى مسافة بعيدة كافية كي تمهد السبيل لبحث جاد في أصل الأمراض المختلفة". وكان كل عمله هذا عن الميكروبات في الهواء ومستنقعات الحشائش والخمائر في البيرة والنبيذ يشير إلى هذا الاتجاه. وبعد أن انقضى عام على محاضرة باستير الخطيرة في السوربون بدأ ليستر **Lister** الجراح الإنجليزي وأحد أعضاء جمعية كويكرز **Quakers** يفكر فيما إذا كان هذه الميكروبات في الهواء التي وصفها

باستير هي التي تسبب التقيح الفظيع القاتل في الجروح بعد بتر الساق أو الذراع. وبدأ ليستر يبحث في البكتيريا –وهي الميكروبات الحية ذات الخلية الواحدة– التي تكون جزءاً من ذلك العالم الخفي الذي أخذت معالمه تبين باطراد في كل نواحيه المختلفة مع زيادة الإتقان في صناعة المجهر. واقتنع ليستر بأن تقيح الجروح عند مرضاه يرجع إلى عدواها بالجراثيم أو البكتيريا الموجودة في الهواء. وهاجم ليستر البكتيريا بحمض الكربوليك وعلى ذلك بدأ العصر العظيم للجراحة المطهرة أو المعقمة. وكان هذا نتيجة مباشرة وثورية لعمل باستير. وفي خطاب بعثه ليستر إليه في عام ١٨٧٤ أخبره عن "نظام التطهير في العلاج الذي لبثت أكافح طيلة السنين التسعة الأخيرة لأبلغ به الإتقان" وقال "ومن فضول القول أن أضيف إحساسي بالراحة الكبرى عندما أبين لك عظم الدين الذي تدين به الجراحة إليك".

وعندما بدأ ليستر أبحاثه كان باستير في جنوب فرنسا يحاول أن يكتشف النقاب عن سر مرض من أمراض دودة القز كان يخرب صناعة هامة. واشتغل ست سنوات بهذه المشكلة ونجح في التحكم في المرض. وفي عام ١٨٦٨ –وكان عندئذ في السادسة والأربعين– أصيب بنزيف المخ الذي شل جسمه وكاد أن يقتله. ولكن روحه الوثابة ارتفعت فوق مستوى هذه الكارثة وعاش ليشارك مشاركة رائعة جديدة تماما في علم بكتيريولوجيا الأمراض. وطلب إليه أن يبحث مرضاً سمي بعد ذلك بالجمرة الخبيثة، وكان يقتل الأغنام والأبقار في مزارع فرنسا. وكان

البكتيريا التي تسبب هذا المرض قد سبق اكتشافها في دم الأغنام المصابة عام ١٨٥٠. وقد أثبت باستير أن البكتيريا المكتشفة هي سبب المرض في الحقيقة. وعندئذ بدأ عقله المتطلع يشتغل بفكرة أن مبدأ طعم جينر **Jenner** ضد الجدري قد يثبت جدارة في مقاومة أنواع العدوى الأخرى. واكتشف أنه يمكن أن يقي الدجاج من كوليرا الدجاج بحقنها بمزيج من الجراثيم التي تسبب المرض لو أن الجراثيم سبق إضعافها بطريقة ما. مثل هذا المزيج من الجراثيم أو الكتيريا التي أُضعفت يُسمى لقاحاً. وفي عام ١٨٨١ قدم تجربة مثيرة لتأثير لقاح مشابه في وقاية الأبقار والأغنام من الجمرة الخبيثة فحقن مجموعتين بجرعة سامة جداً من جراثيم الجمرة الخبيثة. أما الحيوانات المحصنة ضد العدوى بجرعات سابقة من اللقاح فقد عاشت وأما تلك الأبقار والأغنام التي لم تعط لقاحا واقيا فقد ماتت.

وعندئذ اتجه باستير إلى بحث المرض الرهيب مرض الكلب. وهو عدوى تنتقل إلى الإنسان من عضة كلب مسعور يعاني من مرض رهبة الماء(٩) وانتهى من تجاربه إلى أن الإنسان المعقور من كلب مسعور قد يمكن إنقاذه لو حقن بعد هذا سريعاً بجرعات متزايدة تدريجيا بالفيروس الذي يسبب الكلب. وفي عام ١٨٨٥ نجح في وضع هذا موضع الاختبار على جوزيف مايستر.

---

(٩) سبب التسمية أن المصاب بالمرض يعاني من انقباض مؤلم في عضلات البلعوم عند محاولة الشرب أو حتى عند رؤية الماء. المترجم.

كل هذا ليس إلا جزءاً من قصة البكتيريا في علاقتها بالمرض. ولم أذكر شيئاً عن الخير الذي تقدمه. انظر مثلا كيف تحيل كومة متراكمة من التربة إلى أرض طيبة. وقد ذكر باستير عنها "سوف تصبح الحياة بدونها مستحيلة لأن الفناء لن يكون تاما". ونلخص الموضوع بإيجاز فنقول إن فكرة أن الأمراض المعدية تسببها عدوى حية فكرة تبلغ من العمر قرونا. وقد لوحظت البكتيريا –وهي خلايا وحيدة حية– تحت المجهر في القرن السابع عشر، وثبت في القرن التاسع عشر أنها العدوى الحية التي تسبب كثيراً من الأمراض المعدية. وكان الاتجاه نحو هذه الخاتمة من خلال الدراسة المستقصاة لظاهرتين هما التخمر والاعتقاد في التولد التلقائي للحياة. وكان باستير مبرزا في هذه الدراسات. وكانت أدواته الرئيسية الثلاث هي العمل الشاق والتخيل والمجهر. ولم يبين أن الميكروبات تسبب أمراضا مختلفة في البيرة والنبيذ ودودة القز والدجاج والأبقار والأغنام والإنسان فحسب، ولكنه بين أيضاً كيف يمكن منع هذه الأمراض. لقد كان رجلا عظيما في العلم وابنا عظيما لفرنسا، فشيدت تكريما لذكراه معهد باستير في باريس حيث لا يزال الرجال والنساء يدرسون كيف تعيش في البكتيريا وتموت.

الفصل الحادي عشر
تطور الكهرباء

ج. ا. راتكليف

J. A. Ratcliffe, M. A, O. B. E.

زميل كلية سدني سوسيكس بجامعة كمبردج

دعنا نقرر من البداية ماذا نعني بالكهرباء في هذا الفصل. إن كلمة الكهرباء بالنسبة لأغلب الناس توحي بفكرتين مختلفتين. هناك أولا كهرباء الحياة اليومية وهي الكهرباء التي تصل إلى منازلنا في الأسلاك والتي تدير الأجهزة الكهربية كالمصابيح والمدافئ والمكانس الكهربية وأجهزة الراديو.. إلى آخره. ثم هناك الكهرباء التي نقابلها في المدرسة مثل كهرباء فراء القط والكشاف الكهربي وجلفانومتر الانحراف وخلية دانيال والمغناطيسات وبرادة الجديد وسائر الأجهزة في معامل الفيزياء. هاتان الفكرتان اللتان توحي بهما كلمة الكهرباء تختلفان إلى حد ما وتستحقان مزيدا من البحث.

إن الأجهزة التي تعمل بالأسلاك الكهربية تعتمد كلها في عملها على قليل من المبادئ الأساسية الهامة، وعلى الرغم من أنها احتاجت إلى جهد رائع لتطويرها، فإنها تمثل الاختراعات أكثر مما تمثل الاكتشافات. ومن المفيد أن نميز بين الاكتشافات التي توضح لأول مرة كيف تعمل بعض جوانب الطبيعة وبين الاختراعات التي تحيل هذه الاكتشافات إلى تطبيقات

نافعة للجنس البشري. إن تاريخ الكهرباء يعني هنا تاريخ الاكتشافات– تاريخ أسلوب التفكير الإنساني في الكهرباء، وسوف لا نهتم بالاختراعات والتطبيقات التي وجهت هذه الاكتشافات إلى منفعة الناس.

لعل من المناسب أن نبدأ دراستنا لتاريخ هذه الأفكار بالتساؤل عما كان معروفا منذ ١٥٠ عاما. وهناك مرجع شهير كتبه توماس يانج Thomas Young عام ١٨٠٠ وكان يقصد من تأليفه أن يشمل كل العلم المعروف في ذلك الحين. والجزء الأول –وعدد صفحاته ١٥٠٠– مخصص لموضوعات الفيزياء. ولكن الجزء الذي يتناول الكهرباء والمغناطيسية تبلغ نسبته حوالي ٤% فقط. ومن العسير أن نتصور اليوم مرجعا في الطبيعة تكون نسبة موضوعات الكهرباء فيه ٤% فقط من الكتاب كله.

وقد بحث يانج الكهرباء في فصلين منفصلين من كتابه. يتناول الأول ما يسميه الكهرباء في حالة التوازن، ويتناول الثاني الكهرباء في حالة الحركة. والكهرباء في حالة التوازن هي ما يجب أن نسميه اليوم بالكهرباء الاحتكاكية، وتتناول تلك الجوانب من الكهرباء التي يمكن توضيحها بدلك قلم الأبنوس بقطعة من الصوف كي تجذب قصاصات من الورق وعندما يكتب يانج عن الكهرباء في حالة الحركة لا يعني – كما نتوقع– التأثيرات الكهربية التي يمكن الحصول عليها من التيارات الصادرة من البطاريات، ولكنه يعني تلك التأثيرات التي كان معروفا أنها تنشأ عند تخزين الكهرباء الاحتكاكية في مكثف أو علبة ليدن Leyden

ثم إفراغ الكهرباء كي تحدث شرارة. وكان مهتما بالحرارة والتأثيرات الكيميائية التي يمكن إحداثها بهذه الطريقة.

أما باب المغناطيسية فيتناول مغناطيسية الأرض والمغناطيسات ومغنط الحديد.

وكثيراً ما يعتذر يانج بأن فهم المغناطيسية والكهرباء محدود جدا، وقد ذكر تصريحا هاما فقال: "ليس هناك سبب يدعو إلى تصور أية علاقة مباشرة بين المغناطيسية والكهرباء. وسنرى أنه لم تمض فترة طويلة حتى اكتشفت علاقة وثيقة جداً بينهما.

وفي الكتاب تأكيد كثير لجدة الكهرباء والتأثيرات المغناطيسية. ويقول مثلا فيه "إن ظواهر الكهرباء مسلية شائعة في مظهرها الخارجي كما هي متشابكة خفية في طبيعتها الداخلية". ويقول أيضا عن الأعمال المغناطيسية "إنها تبين لنا عددا من الظواهر المسلية والطريفة جدا".

إن التقارير الأخرى تتفق مع كتاب يانج في أن معارف الكهرباء والمغناطيسية عام ١٨٠٠ كانت تتكون بصفة رئيسية من قائمة من الحقائق التجريبية المسلية المدهشة، ولكن كانت هناك قياسات بسيطة وكان فهم المعنى العلمي للحقائق محدودا. في هذه المعارف وهذه النظرية تفكير بدائي يدعو إلى الدهشة، ولكن التقدم الهائل في المائة والخمسين سنة الأخيرة يدعو إلى دهشة أعظم. بل إن التأخر والإسراع في تقدم الكهرباء يدعو إلى دهشة فائقة عندما نقارنه بالتقدم في الموضوعات الأخرى التي تناولها هذا الكتاب. وسنذكر أسبابا لذلك فيما بعد.

ولكن هيا بنا أولا نستعرض سريعا الطريقة التي اكتسب بها الناس معارفهم عام ١٨٠٠. لقد عرف اليونان عام ٣٠٠ قبل الميلاد نوعا خاصا من الأحجار يسمى الحجر المعدني يمكن أن يجذب الحديد، ثم ظهر فيما بعد أن في الإمكان وضعه كبوصلة ليشير إلى الشمال. كانت هذه الأحجار هي المغناطيسات الأولى. ولما كان سلوكها بالغ الغرابة فقد ظن الناس أن لها كل أنواع الخصائص السحرية بل ظنوا أن لها نفعاً في الطب. وعرف الإغريق أيضا أن في الإمكان كهربة الكهرمان بالدلك، كما يعرف الناس اليوم تماما أن يمكن كهربة أقلام الأبنوس بدلكها في ملابسهم. ثم أضيف قليل من المعرفة الجديدة في العصور المظلمة بعد اليونان. وظل الحال كذلك دون أي تقدم هام حتى عام ١٦٠٠، عندما طبق وليم جيلبرت المبادئ العلمية الصحيحة على بحث في معارف المغناطيسية والكهرباء الموجودة عندئذ. وبهذا التناول العلمي جرَّد جيلبرت الموضوع من أكثر السحر فيه. وبين أن الأرض مغناطيس هائل، وفسر عمل البوصلة نتيجة لذلك دون أية حاجة للتفسيرات الغيبية. وفي ميدان الكهرباء أكد أن كثيرا من المواد غير الكهرمان يمكن كهربتها بالاحتكاك.

ظل التقدم بطيئاً بعد تصفية جيلبرت للمعرفة تصفية رائعة وتنظيمها. وعلى الرغم من اكتشاف بعض الحقائق الجديدة الهامة فلم يحدث تقدم هام حقيقة حتى عام ١٧٨٥ عندما قام كولمب **Coulomb** بأول قياسات دقيقة للقوى بين المغناطيسات. ثم قاس بعدئذ بقليل القوى بين الشحنات الكهربية. وبين أن المسافة بين شحنتين لو تضاعفت فستنخفض القوة إلى

الربع، وإذا زادت المسافة ثلاث مرات فستنخفض القوة إلى التسع. وفي الحقيقة أنه إذا ضربت المسافة في أي عدد فستنخفض القوة بنسبة ١– إلى مربع ذلك العدد. ويبدو هذا شيئاً معقداً بالنسبة لأولئك الذين لا يعرفونه من قبل ولكن التفصيلات في الحقيقة لا تهم. والذي يهم بالتأكيد هو أنه – لأول مرة– تحدث قياسات صحيحة، ويتضح سلوك القوى بالطريقة التي سبق وصفها. ويقال الآن إن القوى التي تسلك بهذه الطريقة ينطبق عليها قانون التربيع العكسي. وكان هذا النوع من السلوك معروفا من قبل لأن نيوتن كان عندئذ قد بين نفس السلوك في قوى الجاذبية التي سببت وقوع التفاحة على الأرض ودوران الأرض حول الشمس.

وعندما تحدث أول قياسات موثوق بها في العلم فالغالب أن يتقدم العلم سريعاً، وكان التقدم في هذه المناسبة سريعاً بنوع خاص، ذلك لأن نظرية كاملة تماما في القوى التي تخضع لقانون التربيع العكسي كانت موجودة منذ عصر نيوتن. وسرعان ما تم بحث القوى الكهربية والمغناطيسية. هذا مثل طيب على ملاحظة عامة، تلك هي أن أنجح أنواع التقدم يمكن أن يحدث عند تطبيق الأفكار –التي تنمو ببطء في أحد فروع العلم– على فرع آخر كما هي الحال في هذه المناسبة.

وهنا نصل إلى مدى المعرفة في عام ١٨٨٠، والجزء الرائع حقيقة في القصة. فقد تطورت هذه المعرفة الضئيلة إلى حد ما في خمسين عاما فقط حتى إن المبادئ الأساسية في معرفتنا الراهنة بالكهرباء كانت معروفة في عام ١٨٥٠ فيما عدا موضوعين مذكورين فيما بعد.

ولننظر أولا كيف حدثت هذه الاكتشافات ثم نحاول أن نرى لماذا تمت سريعاً جداً.

أولا جاء اكتشاف فولتا **Volta** لما نسميه البطارية الكهربية في عام ١٨٠٠. واكتشف هذه البطارية عندما تتبع الحقيقة التي لاحظها جالفاني **Galvani** وهي أنه لو اتصل معدنان مختلفان كل بالآخر، ثم اتصلا بالعصب العاري في رجل الضفدعة فإن في الإمكان إحداث تقلص فيها.

ظن جالفاني أن هذا يبين حدوث الكهرباء في الضفدعة، ولكن فولتا استطاع أن يبين أن مصدر الكهرباء هو اتصال المعادن المختلفة مع المواد الكيميائية في عضلة الضفدعة. ولما تتبع هذه الفكرة صنع بطارية كهربية بوضع ألواح متبادلة من النحاس والزنك بعضها فوق بعض ووضع بينهما قطعاً من الورق المقوي مبللة بمحلول ملحي. وعلى الفور بدأ الباحثون الآخرون يستخدمون هذه البطاريات في أبحاثهم الخاصة. وإذا تذكرنا أنه لم تكن هناك قياسات صحيحة فلا داعي للدهشة إذا كانت النتائج النافعة للبطاريات –قرابة عشرين عاما– نوعية فقط في طبيعتها. وكان أهمها في موضوع التحليل الكهربي. وكان السير همفري دافي **Humphry Davy** هو حامل اللواء في هذه الأبحاث فقد نجح عام ١٨٠٧ في فصل الصوديوم والبوتاسيوم بإمرار الكهرباء في محاليل الأملاح المذابة.

وعلى الرغم من أن يانج ظن –كما سبق– أنه لا توجد علاقة بين الكهربية والمغناطيسية، فإن الناس كانوا يبحثون عن علاقة بينهما. وكان طبيعياً أن يبدأ البحث من جديد مع بطارية فولتا. ولما كان المظنون أن

البطارية هي مخزن للكهرباء الاحتكاكية فقد بدأ البحث بتجربة تعليق البطارية كالمغناطيس، ليرى الباحثون ما إذا كانت تتجه إلى الشمال والجنوب. وانقضت فترة من الزمن قبل أن يبحث أحد فيما إذا كان السلك المتصل بالبطارية يحدث تأثيرا مغناطيسيا. وفي عام ١٨٢٠ بين أرستد **Oersted** أن السلك يفعل هذا، وقرر لأول مرة وجود علاقة بين الكهرباء والمغناطيسية. في هذه التجربة شيء كثير يفوق ما نتصوره اليوم فقد ركزت الاهتمام لأول مرة على السلك المتصل بالبطارية. وأدى بدء التفكير الجديد –كما هي العادة– إلى تتابع الاكتشافات الجديدة. فقد جاء أمبير **Ampere** بعدد من التجارب المدهشة، استطاع بها أن يبين تماما قانون القوة بين الأجزاء الصغيرة من الأسلاك التي تحمل التيار. وكان هذا يتعلق بأفكار عويصة جداً لأن القوى لا تعتمد على المسافات بين الأسلاك فحسب، ولكنها تعتمد أيضاً على الاتجاه الذي تشير إليه الأسلاك.

وفضلاً عن هذه التطورات في النظرية الأساسية حدثت بعض الاختراعات العملية الهامة بعد اكتشاف أرستد. وكان من هذه الاختراعات الجلفانومترات الحساسة ذات المغناطيس المتحرك التي أمكن بها لأول مرة مقارنة التيارات، وكذلك صنع المغناطيسات الكهربية واستخدامها لصنع المغناطيسات الدائمة القوية. وفي يوم عيد الميلاد من عام ١٨٢١ صنع فاراداي **Faraday** أول موتور كهربي بدائي.

ونتيجة لاكتشاف أرستد أن التيار الكهربي يمكن أن يحدث مجالاً مغناطيسياً فكر بعض العلماء بعدئذ في إمكان حدوث العكس، وأن

المغناطيس يمكن استخدامه لإحداث تيار. ومن المهم أن ندرك أنه لم يكن هناك سبب حقيقي لهذا التوقع. وكل ما في الأمر أن كثيراً من الباحثين الذين أكبوا على دراسة الطبيعة ظنوا أن هذا شيء من تلك الأشياء الكثيرة التي يصح أن تقع في كون صحيح البناء. كان هذا موقفاً بعيداً عن العلم بصورة خطيرة إذا نظرنا إلى المعنى المحدود في النظرة العلمية. ومع ذلك فمن حسن الحظ أن هناك بين حين وآخر علماء يبلغون من العظمة في التوفر على دراسة الطبيعة حداً يكاد يمكنهم من الإحساس بالنظام المفروض في الطبيعة، حتى قبل أن يتوافر لديهم سبب علمي صحيح لاعتقادهم وكان فاراداي من أولئك الناس فكان واثقاً من ضرورة وجود طريقة يمكن بها إنتاج تيار كهربي من المغناطيسية. وأكب على تجارب طويلة يبحث عن هذا التأثير. وأخيراً قام في عام ١٨٣١ بتجربة تعد اليوم من أشهر التجارب في الكهرباء، وبيَّن كيف أن تياراً متغيراً في سلك يمكن أن يحدث تياراً في سلك مجاور. وكان هذا هو اكتشاف ما يسمى اليوم "الكهربية المغناطيسية بالحث" وكانت الخطوة الثالثة خطوة صغيرة نسبياً لبيان كيفية إنتاج تيار كهربي بتحريك مغناطيس. وخرجت من هذا سلسلة من الاختراعات أدت إلى صناعة مولدات الدينامو الكهربية القوية.

كانت هناك أيضاً حاجة إلى نظام في القياس قبل أن يستطيع علم الكهرباء التقدم بسرعة، ولكن الأمر احتاج إلى بعض الوقت مع كثير من الأفكار الجديدة. وكانت قوة البطاريات توصف في البداية بعدد ألواحها

وحجمها، وعندما اتصلت الأسلاك بنهايات البطاريات، كان يذكر قطر الأسلاك وطولها ومادتها أيضاً. كانت هذه هي الطريقة الوحيدة لوصف ما نسميه اليوم بمقاومة الأسلاك. وفي عام ١٨٢٦ أدخل أوم **Ohm** معاني التيار والقوة الدافعة الكهربية والمقاومة. ولكن التعريفات الصحيحة لهذه الكميات لم توضع إلا بعد عشرين عاما تقريبا عندما وضع قانون أوم الشهير في صورته الحاضرة.

وفي عام ١٨٥٠ كانت المبادئ الأساسية في معارفنا الحاضرة عن الكهرباء معروفة باستثناء موضوعين رئيسيين: كان أولهما إمكان إنتاج الموجات الكهربية المغناطيسية التي تنبأ بها من الناحية النظرية ماكسويل **Maxwell** عام ١٨٦٥ وبينها هيرتز **Hertz** بالتجربة في عام ١٨٨٧. وقد سبب هذا الاكتشاف ثورة في أفكارنا النظرية ببيان أن الضوء كهربي في طبيعته. كما أدى الاكتشاف إلى اختراع عملي جداً هو الاتصال بالراديو. وكان الاكتشاف الهام الثاني هو اكتشاف الإلكترون الذي وقع في عام ١٨٩٧ وأدى هذا إلى فكرة أن كل المواد كهربية في طبيعتها ونتجت عنه كل معارفنا عن تركيب الذرات. ولكن هذا الفرع الهائل من الكهرباء يستحق بحثا مستقلا في فصل آخر.

والآن لننظر ثانية إلى الوراء ونسأل مرة أخرى لماذا كان التقدم في معارف الكهرباء بطيئاً جداً حتى عام ١٨٠٠ ثم سريعاً جداً بعد ذلك؟ وكيف تختلف معارف الكهرباء عن العلوم الطبيعية الأخرى التي تقدمت بسرعة مطردة حتى عرف منها قدر أكبر منذ مائة وخمسين عاما؟ أحد

الأسباب: أن قليلا من التأثيرات الكهربية يحدث طبيعياً. وكان الذي يمكن ملاحظته شيئاً تافها قبل أن يبدأ الناس إنتاج الكهرباء بأنفسهم. وإذ لم تكن هناك موصلات كهربية أو بطاريات فقد بعد الاحتمال في أن يلاحظ الناس أية تأثيرات كهربية اللهم إلا البرق، وما يمكن عمله بدلك قلم من الأبنوس. أما حقائق الحرارة والصوت والضوء والفلك أو الميكانيكا فهي تفرض نفسها على انتباهنا في الحياة اليومية. ولكن الكهرباء قد تظل بعيدة عن ملاحظة أغلب الناس لو لم يصنعها الإنسان على نطاق واسع. وربما كان مثل هذا البطء في بدء دراستها أمراً لا يدعو إلى كثير من الدهشة بعد ما تقدم.

ولكن لماذا كان التقدم سريعاً جداً بعد البداية البطيئة؟ أحد الأسباب أن استعداد الناس العقلي كان أقدر على تناول المشكلات التي أثارتها الكهرباء لأن البداية جاءت متأخرة. وكانت هناك بصفة خاصة فكرة رياضية ميسورة من قبل لاستخدامها في تفسير التأثيرات الجديدة حال اكتشافها. وقد سبق ذكر فكرة واحدة فيما يتعلق بقانون التربيع العكسي في القوة.

وينشأ السبب الثاني الآخر من أن استخدام الأجهزة المصنوعة أمر ضروري لتوضيح أغلب التأثيرات الكهربية. وعندما نكتشف حقيقة جديدة فسرعان ما نستخدمها في إنتاج جهاز جديد أفضل يمكن بواسطته اكتشاف حقائق جديدة وهكذا. وطبيعي أن عملية من هذا القبيل تؤدي إلى زيادة مطردة في الاكتشافات. وقد سبقت الإشارة إلى

بطارية فولتا وكيف أدت إلى اكتشاف أرستد للتأثير المغناطيسي للتيار الذي أدى إلى صناعة الجلفانومترات وهي التي اكتشف بها فاراداي الكهربية المغناطيسية بالحث، وهذا بدوره أدى إلى إنتاج الكهرباء على نطاق واسع مما دعا إلى زيادة التقدم واكتشاف أن كل المواد كهربية في طبيعتها بما في ذلك الموجات الضوئية.

وكثيراً ما يبدو اليوم أننا وصلنا إلى مرحلة لا يتيسر فيها اكتشاف جديد بغير جهاز معقد. إننا نرجو ألا يكون هذا صحيحاً، وأن يظهر قريباً جيلبرت أو فاراداي جديد، يقنع بدراسة الطبيعة بجهاز بسيط حتى يحس في النهاية كيف تعمل الطبيعة ولعله يكتشف اكتشافاً أساسياً يفتح الطريق أمام اكتشافات واختراعات أخرى.

الفصل الثاني عشر
الذرة

السير/ لورنس براج
Sir Lawrence Bragg, O. B. E, M. C., F. R. S.
أستاذ الفيزياء التجريبية في جامعة كامبردج

يتحدث العلماء دائماً في ثقة عن الذرات وسلوكها كما لو أنهم استطاعوا أن يروا بالضبط أشكالها وأعمالها. وهم في نفس الوقت يميلون إلى ضرب الأمثلة الواضحة على حجمها الضئيل جداً. ومن هذه الأمثلة مثل شهير وهو أن نقطة من الماء لو كبر حجمها حتى بلغ حجم الدنيا فسوف يكون حجم الذرات فيها مثل كرات الكريكيت. والغرض من هذا الفصل أن يعطيك فكرة ما عن التجارب والأسباب التي أدت إلى تصورات العلماء عن التركيب الذري والخصائص الذرية.

ومن الأسئلة التي أثارت اهتمام الإغريق القدماء، ما هو التركيب الخفي للمادة؟ دعنا نتصور أنفسنا نعمل ما صوروه فنأخذ قطعة من المادة ونقطعها إلى أجزاء أصغر ثم نقطع كل جزء من أجزاء أصغر وهكذا. فهل يستمر الإنسان في ذلك إلى الأبد أم يصل في النهاية إلى أجزاء صغيرة لا يمكن تقسيمها وتكون القوالب الأساسية التي تبنى منها المادة؟ لقد اقترح ديمقريتوس أن الأمر كذلك وسمى الأجزاء النهائية الذرات أو الأشياء التي لا يمكن قطعها. كان رأي ديمقريتوس مجرد ظن

ولكننا نستطيع اليوم أن نرسم لفكرته صورة أدق ونحن نستخدم تسميته "الذرة". ولنتصور أننا أخذنا مكعبا من الصابون يبلغ طول ضلعه بوصة واحدة، ذلك لأن الصابون شيء يسهل قطعه، ثم نبدأ بالخطوة الأولى فنقطعه إلى مكعبات يبلغ حجمها $\frac{1}{10}$ من الحجم الأصلي. ولنأخذ واحدة من هذه القطع ونكرر العملية. إنها لن تكون يسيرة جداً، ولكن في الإمكان أداؤها بيد ثابتة وموسى حلاقة. أما المرحلة الثالثة فهي عملية مسلية، فسنرى هذه القطعة الضئيلة تحت الميكروسكوب ونستخدم ماسكات ميكروئية لتناولها. إن هذه الأدوات دقيقة جداً حتى إنه يمكن تحقيق المرحلة الرابعة من القطع بواسطتها. إن مكعباتنا الآن تبلغ أبعادها طبعاً (١) على ١٠,٠٠٠ من أبعاد المكعب الذي بدأنا به. والشيء الطريف هو أننا الآن في منتصف الطريق إلى الذرة. وإذا استطعنا الاستمرار حتى نبلغ المرحلة السابعة فسنقطع الجزيئات أو التجمعات الصغيرة للذرات التي يتكون منها الصابون. وفي المرحلة الثامنة سوف نفصل هذه الجزيئات إلى الذرات الفردية. وإذا أوضحنا الأمر بصورة أدق قلنا إن المسافات بين ذرات المادة تختلف بين ١,٥ إلى ٤×١٠^{-٨} سم أو حوالي ١ على مائة مليون من البوصة.

إن المشاهدة تؤدي إلى الإيمان، ولو استطعنا أن نجعل صديقا شاكا يرى هذه الذرات الدقيقة تحت الميكروسكوب فلن نجد مشقة كبيرة في إقناعه بأننا نعرف ما نتحدث عنه. وهذا مستحيل لسوء الحظ. إن طول موجات الضوء يزيد على المسافة بين الذرات بأكثر من ألف مرة

ومهما بلغت صناعة الميكروسكوب من الإتقان فلن يوضح تفصيلات أدق من طول موجة الضوء. وعلينا بناء على ذلك أن نعول على القرائن كما يقولون في ساحات العدالة. إننا ندين بأول دليل مقنع على الذرات للعالم الإنجليزي الشهير جون دالتون **John Dalton** في بداية القرن التاسع عشر. فقد درس الأوزان النسبية للعناصر التي تتحد معاً لتكوين المركبات الكيميائية. وبين دالتون أنها كانت دائماً بنسب منتظمة معينة تميز أنواع العناصر المختلفة. وفسر هذه النسب بقوله إن العناصر تتركب من ذرات تتشابه تماماً، ولها بصفة خاصة وزن واحد، وأن المركبات تتكون من جزيئات متماثلة، وكل جزيء هو عائلة صغيرة من الذرات المتصلة معاً كما تتحد مثلا ذرتان من الأيدروجين وذرة من الأكسجين لتكون جزيئا من الماء. إن فكرة دالتون هي أساس الكيمياء الحديثة. ولكن الدليل –وإن يكن مقنعا– إلا أنه غير مباشر، ولا يذكر لنا الأوزان الحقيقية للذرات بل يذكر نسب بعضها إلى بعض فقط.

ولا أستطيع هنا أن أتناول كل الاكتشافات التي جعلت الذرة تبدو لنا حقيقية تماماً. ولكني سوف أصف بعض الاكتشافات التي اعتبرها دائما وسيلة مثيرة للوصول إلى فكرة عن هذه الأشياء الضئيلة التي تتصاغر جداً عن أي شيء نأمل أن نراه. إحدى هذه التجارب يمكن أن تجربوها بأنفسكم وهي حركات الكافور. خذ إناء من الماء النظيف واكشط بعضا من الكافور وكلما كان قليلا كان أفضل، وألق به فوق سطح الماء. سوف تجري قطع الكافور في كل اتجاه –كأنها حية–

بطريقة مدهشة جداً، وهي تشبه الحشرات التي نراها أحيانا فوق سطح الماء في المستنقعات. إن هذا هو ما يطلق عليه تأثير التوتر السطحي. إن جذب الماء النظيف أمام الكافور أكبر من جذب الماء عند مؤخرته، ولذلك تحاول قطع الكافور أن تندفع دائماً إلى جزء أنظف. وأية طبقة من الدهن على سطح الماء توقف الحركة فوراً "وتقتل" جسيمات الكافور. وكانت عند ريلاي **Rayleigh** فكرة رائعة لقياس أقل كمية من الدهن يمكن عند انتشارها على سطح الماء أن تمنع تأثير التوتر السطحي. وصنع محلولا ضعيفا جداً من الدهن، وحسب عدد النقط – المعروف حجمها– التي يجب وضعها على سطح محدود. وعلى ذلك بين أن طبقة الدهن يكفي أن يكون سمكها حوالي ١ على عشرة ملايين من البوصة. وظن أن هذا يمثل طبقة واحدة من جزيئات الدهن تنتشر على سطح الماء. وكان هذا أول حساب حقيقي لحجم الجزيء، ونحن نعلم اليوم أن ريلاي كان مصيباً في ظنه التقريبي.

هناك تأثيرات أخرى تسمى حركات براون **Brownian Movements** فلو أخذ الإنسان مجهراً فائق التكبير ثم نظر إلى جسيمات بالغة الدقة مثل نقط الدهن في قطرة من اللبن عند وضعها في الماء أو جسيمات دخان السجائر في الهواء فإن الإنسان يراها تتحرك بطريقة عشوائية. ولعلك ألقيت قطعة من الخبز في النهر يوما من الأيام ورأيتها تقفز وتهتز لأن كثيراً من السمك الصغير –الذي لا يُرى– كان يقرضها من كل نواحيها. إن حركات براون تشبه هذا والسبب مشابه

جداً. فإن جزيئات الغاز تصدم الجسيمات من كل ناحية. فإذا كانت الجسيمات كبيرة خف تأثير الصدمات وقد لا تتحرك الجسيمات أبداً، وإذا كانت صغيرة فقد يصدمها عدد أكبر من الجزيئات في أحد جوانبها أو تصدمها الجزيئات التي تكون سرعتها أكبر، وبذلك تظل الجسيمات في حركة دائمة. وأنا أعتقد أن هذا من أهم الدلائل المقنعة على أن الغاز ليس متصلا متواصل التركيب، ولكنه يتركب من جسيمات ضئيلة هي الجزيئات تتحرك في كل الاتجاهات بطريقة غير منتظمة تصدم بها أي شيء صلب تلمسه.

سوف أختار مثلي الأخير من العمل الذي لبثت أهتم به في حياتي العلمية وهو ما يسمى تفرق أشعة إكس. فالإنسان يلاحظ نتائج مدهشة لتفرق الضوء بواسطة أي شيء متجانس التركيب. وتستطيع أن ترى إحدى النتائج إذا نظرت إلى مصباح بعيد في الطريق من خلال منديل. إن شكل الثقوب المنتظم بين خيوط المنديل يؤدي إلى شكل لطيف صغير لنقط ملونة حول المصباح، نتيجة لتداخل موجات الضوء بعد مرورها من الثقوب. ويمكن حساب المسافات بين خيوط المنديل من معرفة حجم الشكل وطول موجة الضوء. إن البلورة هي ترتيب منتظم للذرات ولا يمكن تفريق الضوء المرئي بواسطة الشكل البلوري لأن موجات الضوء كبيرة نسبياً، ولكن أشعة إكس تشبه الضوء وموجاتها أقصر من موجات الضوء بنسبة ١ إلى ١٠,٠٠٠ وعندما تنفذ أشعة إكس في البلورة، تأخذ الأشعة المتفرقة شكلاً خاصاً. وكما هو الشأن في

حالة المنديل، يمكن حساب كيفية ترتيب الذرات في البلورة والمسافات بينها. ونستطيع اليوم أن نرسم أشكالاً أو نصنع نماذج لترتيب الذرات في مواد كثيرة مختلفة الأشكال. وقد أدى هذا إلى زيادة هائلة في فهمنا لخصائصها. هذه بالطبع هي بعض الأمثلة فقط ولكنها تبين السبب الذي يجعل الذرة بالنسبة للعالم شيئاً حقيقياً، كما لو أنه رآها من خلال الميكروسكوب أو وزنها في ميزان.

كيف تتركب الذرات؟ كان المظنون في البداية أنها وحدات لا يمكن تقسيمها، كل واحدة من نوع خاص. ولكنك تذكر أن ج. ج. تومسون **J.J. Thomson** اكتشف الإلكترون عند نهاية القرن الأخير. ووجد عند إحداث تفريغ كهربي في غاز– أن جسيمات صغيرة ذات شحنة كهربية سالبة يمكن أن تنفصل، وهي أخف كثيراً من الذرة، وأن هذه الجسيمات متشابهة مهما كان نوع الذرة التي تأتي منها الجسيمات.

هذه هي الإلكترونات التي تصدر من السلك الساخن في صمام الراديو وتحمل التيار الكهربي فيها عبر الفضاء. ثم اكتشف رذرفور **Rutherford** النواة وهي جسم ضئيل موجب في مركز الذرة يمسك الإلكترونات السالبة بالتجاذب الكهربي، تماما كما تمسك الشمس كواكبها بالجاذبية. ثم نشأت المشكلة الكبرى طبعاً: كيف تعمل الذرة؟ كيف تصنع النواة وإلكتروناتها ذرة من الأكسجين أو النحاس أو الكبريت وتعطي لكل ذرة خصائصها المميزة؟

سأعرض عليك بعض الأفكار التي تدوخ التفكير. وربما كان حديثي

عن مثل هذه الأمور في هذا الفصل خروجا على مقتضى الحال، ولكني سأحاول ذلك فقد يعطيك حديثي فكرة عامة مبسطة عن أفكار العلماء التي يحاولون تطويرها.

كانت المحاولات الأولى هي ما يمكن تسميته بالنماذج الميكانيكية للذرات. وأعني بالميكانيكية أن المفروض في الذرات أنها تشبه أجزاء المكنة التي نصنعها. أو بعبارة أخرى كان المفروض خضوع الذرات لقوانين نيوتن في الحركة كالأجسام الكبيرة الأخرى. ونحن قد تعودنا اليوم كثيراً على معاني الطاقة والسرعة والقصور الذاتي لأن كل شيء نشاهده أو نعمله يخضع لهذه القوانين فأصبح من العسير جداً علينا أن نتصور الأشياء التي تحدث بصورة مختلفة. والنقطة الأساسية في تلك النماذج الذرية أنه لم يصح واحد منها. وسرعان ما اتضح أن سبب هذا لا يرجع إلى عدم اكتشاف النموذج الصحيح ولكن لأن النموذج الميكانيكي الذي يفي بالغرض لم يتيسر وجوده على الإطلاق. تصور مثلا أن الإلكترونات تدور بسرعة فائقة حول النواة كما تدور أرضنا حول الشمس. ويجب على الإلكترونات –في حركتها إلى الأمام والخلف– أن ترسل الموجات كما ترسل الإلكترونات موجات الراديو عندما تنطلق إلى أعلى وأسفل من السلك الهوائي في محطة اللاسلكي. وعلى ذلك فهي تفقد طاقة وسرعة وأخيراً تقع جميعاً في النواة تماما كما يقع القمر على الأرض لو استطعنا أن نوقفه. وليس هناك مفر من هذه الحيرة.

لقد كان نيلز بوهر **Niels Bohr** –العالم الطبيعي الدانمركي العظيم– هو أول من أدرك أن العلاج اليائس يجب تطبيقه في الموقف اليائس. وقال في ذلك: دعنا نفترض –لسبب لا نعرفه– أن هناك بعض الممرات أو المدارات الممتازة للإلكترونات حول النواة. ولا يشع الإلكترون موجات مادام في أحد هذه المدارات (التي وصف نيلز طبيعتها). وإنما يفعل الإلكترون ذلك عندما يقفز من أحد المدارات إلى غيره. وبيَّن أن خصائص الذرة تقوم عندئذ في نظام متماثل دقيق يمكن تفسيره لو وافقنا نيلز على تحكمه المستبد في تحديد هذه المدارات الممتازة التي تعفي من دفع ضريبة الدخل على الطاقة إن صح هذا التعبير. كان هذا حلا وسطا فقط ولكنه حدد مكان خطئنا جميعا. فقد قال العلماء في صناعة نماذجهم "كرة الكريكيت مصنوعة من الذرات. وتتكون الذرات من أجزاء صغيرة. وتسلك هذه الأجزاء الصغيرة مثل كرات الكريكيت الصغيرة". هذا غير منطقي تماما، وهو جدل يدور في حلقة مفرغة. لماذا يجب على الأجزاء الصغيرة أن تتصرف مثل الكل؟. إن علينا أن نترك بعض أفكارنا المكتسبة من نظرتنا الشاملة إلى الأشياء الكبيرة. قد يبدو هذا أمرا طبيعيا بما فيه الكفاية، وعلى الرغم من ذلك فقد كان عسير التحقيق في البداية. ولكني عندما أذكر فكرة من الأفكار الرئيسية التي وجب التخلي عنها، فسترى كيف كان علينا أن نكون ثوريين جدا. يجب أن نلغي الفكرة القائلة بأن الجسم يمكن أن يكون في مكان واحد في زمن معين. وقبل أن تظن أن هذه فكرة لا معنى لها كن صبورا بينما أحاول التفسير.

إن مشكلتنا هي فهم كيفية دوران الإلكترون حول النواة دون إطلاق للموجات عندما يكون في أحد مدارات نيلز بوهر الممتازة. ماذا نعني "بدوران"؟ وإذا نظرنا إلى الإلكترون لماذا نراه أولا في ناحية من الذرة ثم في ناحية أخرى؟ إن رؤيته ممكنة فقط إذا كان يطلق الموجات وقد ذكرنا منذ قليل أنه لا يطلق موجات. وليس لدى الإلكترون –تبعاً للتعريف– أية طريقة لإشعار العالم الخارجي بوجوده في ناحية من الذرة أولا ثم في ناحية أخرى، وعلى ذلك فلا معنى لافتراض وجود الإلكترون في مكان معين أكثر من وجوده في مكان آخر. والواقع أن الإلكترون يوجد حول الذرة جميعا في نفس الوقت. وهو الاحتمال الوحيد إذا كان للإلكترون أن يظل بعيدا عن المشاهدة. وعندما نجري تجربة ونرى الإلكترون فسيكون جسيمة صغيرة في مكان ما. وعندما لا نرى الإلكترون فلا معنى لقولنا إنه في مكان ما. قد يبدو في هذه المناقشة حذلقة أو فلسفة فارغة ولكن المهم أنها تؤدي إلى نتيجة. ومن الممكن حساب خصائص الذرة لو وضعت في صورة رياضية، وقد ظهرت الخصائص جميعا متفقة مع التجربة بطريقة لطيفة رائعة.

دعني أحاول تفسير ما أقصده بكلمة المشابهة. يقول ناظر المدرسة عند الاحتفال السنوي بتوزيع الجوائز "إن هناك روحا طيبة في المدرسة" فأين توجد الروح الطيبة؟ هل هي في أقصى الشرق من المدرسة أو في أقصى الغرب؟ هل يحتفظ بها في صندوق الثقاب في جيبه؟ ليس هناك بالطبع مكان معين للروح الطيبة عندما توجد دون أن

تكشف عن نفسها. فإذا كشفت عن نفسها فقد وجدت لحظة من الزمن في مكان معين. وقد تظهر على يد جون الصغير الذي انهزم في مباراة رياضية أو عند الحكمة البالغة في علاج موقف عسير. وعلينا أن نعتبر الإلكترونات في الذرات على هذا النحو تماما. إذ لا يمكن اعتبار الإلكترونات جسيمات صغيرة مركزة تتحرك مادامت الإلكترونات موجودة دون أن تطلق الموجات. إنها مجرد شيء حول الذرة جميعا مرة واحدة. وقد تعترض فتقول إننا نتحدث عن الأشياء المادية لا الأرواح، وأن شيئا مثل كرة الكريكيت له مكان محدد تمام في زمن معين. ولكن فكرتنا هذه جاءت عن كرة الكريكيت لأنها شيء كبير يتركب من عناصر عديدة. ولو أنك أعطيت ناظر المدرسة خريطة لإنجلترا ثم سألته عن مكان الروح الطيبة لغرس دون ريب دبوسا في المدينة التي توجد فيها مدرسته وأصر على أن الروح الطيبة لا توجد في المدينة التالية. وكذلك الحال تماما في الإلكترون. فكلما اقتربنا من مجال الذرة أصبحت فكرة "الوجود في مكان" غامضة جدا أو احتمالا مبهما، وتبدو الفكرة في النهاية غير ذات معنى على الإطلاق إلا إذا كشفت الجسيمات عن نفسها بإطلاق الرسائل إلى العالم الخارجي. وعندئذ يمكن أن نذكر على الفور أين كانت في تلك اللحظة.

كان العلم فيما سبق يسمى فلسفة الطبيعة وكانت تسمية طيبة جداً فليست روعة العلم في اكتشاف الحقائق ولكن في اكتشاف الأساليب الجديدة للتفكير فيها. ونحن نطبق الاختبار التالي على هذه الأفكار: هل

تساعدنا الأفكار على ربط الحقائق مع بعضها البعض كي نرى أن حقائق أكثر فأكثر يمكن تفسيرها بقوانين أساسية أقل فأقل؟ كان هذا التقدم في فهم طبيعة الذرة من أعظم انتصارات الجيل الأخير. ولعلي أكون قد أعطيتك فكرة عامة على كل حال عن رحلة مثيرة في بحار غريبة من التفكير أدت إلى هذه النتائج.

الفصل الثالث عشر

العلم في العصر الحاضر

م. ل. أوليفانت

M. L. Oliphant, F. R. S.

أستاذ بجامعة برمنجهام سابقاً

إن حب الاستطلاع الفطري عند الإنسان هو الذي أنشأ الحضارة المادية التي نعرفها وأضاف قدراً لا حد له من ذخيرة معرفتنا. وقد شارك إلى حد عظيم في وضع مقياس لطيف لنضج الأمم نفضل أن نسميه "الثقافة". حب الاستطلاع الفطري هذا هو –في إيجاز– العامل الرئيسي وراء التقدم. وفي الأزمنة الحديثة تبدو هذه الرغبة في المعرفة عظيمة جداً في متابعتنا للعلم. إن اكتشاف العالم جغرافياً قد تم الآن تقريبا ولكن روح دريك Drake وكوك Cook تعيش في أولئك الذين يكشفون أعماق الذرات أو الجزيئات المعقدة التي تتكون منها المواد الحية.

بحثنا في الفصول الأولى من هذا الكتاب الفروع المختلفة للتفكير العلمي والتجربة. وقد رأيت أن دراسة المكاسب السابقة تبين كيف أدت هذه المكاسب إلى تغييرات ثورية في التفكير والسلوك. إن سرعة التقدم الآن عظيمة جداً يتقبلها الناس بأقل شك حتى إنه من الخطر أن نهمل تأثيرها على أنفسنا وعلى ذلك فقد لا ندرك السبيل الذي يقودنا العلم إليه. وهدفي أن أذكر ما يصيبنا نتيجة لمعرفتنا المتزايدة بالطبيعة.

وسأحاول فيما يلي أن أبين مدى جهل معظم الناس بحقائق العلم البسيطة. ومع ذلك فما أعظم تأثير التقدم العلمي المستمر على حياتهم اليومية. ونتيجة لذلك يكون مستقبل غالبية الناس ونظرتهم الاجتماعية والسياسية الراهنة وأعمالهم التي يقومون بها خاضعة لحقائق تخرج تماما عن إرادتهم. هذا الموقف خطير جداً ومن واجبنا للمستقبل أن نساعد في تصحيحه بأن نجعل الناس يدركون تماما ما يحدث ولماذا يحدث. وسنرى أن بعض تفسيرات الصعوبات التي يخلقها التقدم العلمي يأتي – في رأيي– من زيادة انتشار المعارف العلمية وسرعة تطبيقها لأجل خير الجنس البشري كله، وهذا أمر غريب وسوف أبين كيف تتأثر عقولنا تأثراً قوياً بالنواحي الطبيعية الفلسفية في التقدم العلمي، وكيف تتغير نظرة الناس اليوم بصورة ثورية أكثر من أي وقت مضى. وأخيراً سوف أذكر اعتقادي في أن العلم – لولا إساءة استخدامه – هو أعظم قوة يملكها الإنسان لتدعيم السلالم العالمي والتفاهم الدولي.

للوهلة الأولى يبدو العلم مزيجاً هائل التعقيد من الحقيقة والخيال. فالحقائق التي يهتم العلماء بملاحظتها والربط بينها، ونتائج التجربة التي تجرى بدقة فائقة والصور التي يرسمها العلماء عن كيفية عمل الطبيعة كما يوضحها هذا الحشد من البيانات، كل أولئك يقف جنبا إلى جنب مع قدر يساويه من الظن والتخمين. فالحسابات النظرية عما بين النجوم والفروض التي لم تثبت عن وجود النيوترونات في الطبيعة أو أنظمة الخمائر في الكيمياء، والتخمينات حول سلوك الحيوان وهكذا، تبدي

جميعاً صورة معقدة جداً أمام غير العالم حتى يجد من العسير أن يعرف ما الذي يجوز اعتقاده. ومع كل فإن هذا الصراع بين الفروض وخروجها من الحقائق الباردة هو روح العلم تماما، لأن الفروض يوحي بالتجارب لإثباته وبذلك تظهر الحقيقة في بطء. إن الفروض التي تمتد وراء المعرفة الراهنة تدعو إلى الإثارة والإعجاب وتضرب مثلا من أحسن الأمثلة على نشاط الفكر الإنساني، مادمنا لا نأخذها مأخذ الجد الخطير أو نعتبرها حقائق. ومن واجب العلم أن يصنع هذه الفروض ومن واجبه أيضاً أن يختبرها بكل وسيلة ممكنة في التجربة والملاحظة، وينبذ –في غير هوادة– تلك الفروض التي يثبت خطؤها أو نقصها. إن الصعوبات التي يجدها عامة الرجال والنساء في فهم طريقة عمل العلم تنشأ إلى حد كبير من استخدام اللغة العويصة والمصطلحات الفنية التي لا ضرورة لها ومن تعقيدات الأدلة العلمية.

الواقع أن الذي نفهمه في الحقيقة بسيط للغاية– "فاتساع الأوعية الدموية في بشرة الوجه هو مجرد احمرار الوجنتين"، وكربونات الصوديوم المائية المتبلورة "هي صودا الغسيل"، والفضاء ذو البعد الثنائي غير النسبي هو المسطح العادي الذي ترسم عليه الأشكال الهندسية. وبينما يكون الدليل الذي نعرف به مكان ذرات الكلور والصوديوم في إحدى بلورات ملح الطعام دليلا معقداً أيضا مليئاً بالاصطلاحات الفنية فإن الحقيقة بسيطة مقبولة وهي أن الذرات تقع عند زوايا المكعبات.

إن حقائق العلم الثابتة سرعان ما تتداخل في نسيج حياتنا. فهي تبدو

في المراجع التي نستخدمها في المدارس والجامعات. والعلاقات الرياضية في قياس الكميات –وهي التي كانت تبدو عند أول اكتشافها مثيرة جداً– تصبح تدريبات وأمثلة في الرياضة التطبيقية. ويستخدم العلماء المشتغلون بالصناعة هذه الحقائق ليبحثوا عمليات جديدة فيخرجوا لنا منتجات جديدة وتجارة جديدة وأنواعاً جديدة مختلفة من النبات وسلالات أنفع من الحيوانات أو أساليب جديدة للترفيه عن أنفسنا. وسرعان ما يتفق الناس على أنها جزء من مقومات الحياة الحديثة.

من العسير علينا أن نعتقد أن بعض الحقائق مثل دوران الأرض حول الشمس أو طبيعة المادة الذرية هي اكتشافات إنسانية حديثة نسبياً. نحن لا نستطيع أن نتخيل عالما بغير كهرباء، ومع ذلك فالقصة لا تكاد تعدو مائة عام عندما أخرج فاراداي اكتشافاته التي كانت أساس الهندسة الكهربية بينما كان يبحث عن العلاقة بين الكهرباء والمغناطيسية. ولم نكن نعرف شيئاً عن الإلكترون أو النشاط الإشعاعي منذ ٦٠ عاما، ومع ذلك فإن الإذاعة بالراديو والتلفزيون وكل ما نعرف عن التركيب الذري والطاقة الذرية قد خرجت جميعاً من الاكتشافات التي جاءت عند بداية القرن على يد ج. ج تومسون ورونتجن وبيكريل وكوري ورذرفورد. كما أدى بحث جولاند هوبكنز "عن عوامل الغذاء الإضافية" إلى تعبئة الصيدليات بالفيتامينات. وقد كان البنسلين منذ عشرين عاما شيئاً غريباً للغاية اكتشفه فلمنج ولكنه الآن ميسور لعلاج كل من يحتاج إليه نتيجة لأبحاث فلوري **Florey** الرائعة.

نحن نرى أننا كلما ألفنا حقائق جديدة عن الطبيعة فسرعان ما نتقبلها دون مناقشة، فنحفظها في الكتب والدوريات وعقول قلة قليلة من الأفراد. وفي نفس الوقت يزداد اعتمادنا في حياتنا اليومية على المنتجات المادية التي تيسرها لنا الحقائق وينقسم الناس إلى ثلاث طوائف محددة بالنسبة لموقفهم من العلم: أما الطائفة الأولى فهي لا تشمل العلماء المحترفين فحسب بل تشمل الهواة الذين يهتمون اهتماما كبيراً بالتاريخ الطبيعي والفلك أو الراديو، والرجال والنساء الذين اهتزوا لأحاديث فريد هويل في إذاعة البرنامج الثالث، وأولئك الذين يقرءون الكتب المبسطة في العلم. أما الطائفة الثانية فتتكون من أولئك الذين يدركون أن نتائج البحث العلمي تضع المعرفة الأساسية التي تبنى عليها الاختراعات الجديدة كي تستخدم في الصناعة والتجارة. أما الطائفة الثانية –وهي للأسف أغلب الناس– فهي تتأثر بالتقدم العلمي بطريقة غير مباشرة –وفي الغالب لا شعورية– وهي لا تدرك أن العالم الذي تعيش فيه يتحول دائماً بسرعة نتيجة لتطبيقات العلم.

لا أظن أن هناك ضرورة تدعوني إلى كلام كثير عن العلماء الحقيقيين وفي العلوم الأساسية تأتي القوة الدافعة للعالم من لذة البحث والهزة الفكرية العظمى التي تجيء من المشاركة في الاكتشافات الجديدة والفروض الجديدة. أما في العلوم التطبيقية فيأتي الإلهام من روعة الإحساس بالاشتغال في تطوير الأشياء والعمليات الجديدة على الرغم من أن الهدف الموضوعي الغالب هنا من ناحية تطوير الصناعة يحدد

المجال الذي يجول فيه العالم. وأغلب الناس لا يهتمون بأعمال الطبيعة بصفة عامة كما لا يكترثون بالعمليات التي تحدث في أجسامهم أنفسهم. وهناك بالنسبة للكثيرين شيء كريه غريب في محاولة فهم العالم الذي يعيشون فيه. وعند هؤلاء أن روعة غروب الشمس تتلاشى أمام تفسير إنتاج هذه الألوان المرحة، كما أن وصف النمو الرائع للطفل من بويضة ملقحة شيء فظيع ينبغي نبذه بعيداً عن الذهن مثل أفكار الموت. ومع ذلك يتقبل هؤلاء الناس أنفسهم ثمار التقدم العلمي دون شك فيها كالعقاقير الجديدة لشفاء أمراضهم، وطرق المواصلات المتقدمة في البحر والبر والجو، والأطعمة المحفوظة بالأساليب الحديثة، والإضاءة بالنيون والراديو والتليفزيون وهكذا.. وبنفس الطريقة يسلمون –بعد شهقة من الفزع– بتحكم ثمار العلم التي لا يرغب فيها العالم، مثل الحرب الميكروبية والكيميائية والقنابل الذرية التي تزداد قوة تدميرها، أو نقص خصوبة الأرض نتيجة للتنقيب الدائب عن ثروتها. ولعل هذا الحياد الغريب أمام القوى التي تشكل حياتنا يرجع إلى نقص تعليم العلم للغالبية العظمى من الجنس البشري في سنوات الدراسة ولكنه أولا مظهر آخر لذلك الكسل العقلي الذي يستبدل الصور بالقراءة وملاعب الكرة بالتفكير ومشاهدة الألعاب بدلا من الاشتراك فيها.

والآن ما هو الموقف الذي نجده في عالم يواجه فيه الناس العلم بالطرق الثلاثة التي وصفتها؟ لا تستطيع أمة أن تبلغ المرتبة الأولى اليوم بغير نظام راق جدا حيث يطبق الناس العلم بكل قوة في مشاكل الدفاع

والصناعة والصحة. والحق أن القوة التي اكتسبها في الماضي أفراد ورثوا السلطان على الدول والجيوش قد ترتكب مكانها تماما للقوة التي تبنى على الإفادة من العلم. ومن المآسي في حياتنا اليوم أن العلم الذي أضاف كثيرا إلى بناء الإنسان الفكري، وهو قوة عظيمة في الخير، يوجه إلى صناعة الأسلحة التي تبيد الناس جميعا. إن وسائل الاتصال والنقل الحديثة –التي نشأت بصفة خاصة من جهود العلم الهائلة في تصميم الطائرات والراديو– قد جعلت من الأمور المحتومة تحويل الحرب بين الدول العظمى إلى حرب عامة تشمل العالم بأسره.

إن ما يوجه إلى البحث والتقدم العلمي في أغراض الحرب في المملكة المتحدة أكبر مما يوجه إلى كل أنواع البحث الأخرى.

هذا الجهد ليس عبثا كله لأن كثيرا من نتائجه كالمحركات النفاثة في الطائرات يمكن استخدامها في الأغراض السليمة، كما يحصل الناس على معارف كثيرة يمكن تطبيقها على نطاق عام. ومهما يكن من شيء فلا يعني هذا أن مجال الأبحاث الهامة في ميدان كالطب شيء تافه نسبيا. ونحن في الدولة الحديثة لا نحتفظ بجيوش عاملة كبيرة الحجم ولكننا ننفق نفس التكاليف أو أكثر على الاستعدادات لحرب تشمل نطاق الكرة الأرضية وهذا مثل على الثورة في نظرتنا وأعمالنا نتيجة للتقدم العلمي.

إن القوة الهائلة للصناعة التطبيقية المبنية على العلم البحت والتطبيقي واضحة لكل الناس. والديكتاتوريات المطلقة عند هتلر

وموسوليني وديكتاتورية الجماعة كما تحدث الآن في روسيا كانت تستحيل بغير البرق والتليفون والراديو والأسلحة الحديثة لفرض الطاعة.

في زمن الانتخابات ندعي أن أمورنا العامة تخضع لسيطرتنا ولكننا في الظروف الراهنة نتأثر في كل ما نعمل بما تفكر فيه الأمم الأخرى وتعمله. ووجود الأمم المتحدة نفسه دليل على حقيقة أن السياسة اليوم كلها سياسة عالمية. إن وضعنا المالي والاقتصادي الحرج يرجع إلى ما يحدث خارج بريطانيا أكثر مما يرجع إلى إقدامنا على اتخاذ الإجراءات أو تخلفنا عن ذلك. ومن المعروف أن أملنا في العون هو تطبيق العلم في صناعتنا واقتصادنا بوجه عام بطريقة أقوى وذكاء أعظم مما يحدث في الأمم الأخرى.

إن أمريكا تخشى روسيا وروسيا تخشى أمريكا لأن التطورات العلمية مكنت الأمم في نصفي الكرة الأرضية من تبادل التأثير القوي فيما بينها، والحرب عبر البحار. إن جو التوتر العام الذي نحس به على نطاق دولي واسع يرجع إلى التقدم السريع في العلم والصناعة التطبيقية.

ولم يكن لحادثة تاريخية في الماضي من الأثر على العالم وحياة الناس مثل ما كان للتقدم العلمي السريع في القرن الماضي. إن آثار الحملات الحربية العظيمة في التاريخ ونهضة الإمبراطوريات العظيمة في الماضي– كل هذه الأمور أقل أهمية بكثير من الثورة العلمية الحديثة وتوحيد العالم نتيجة للتقدم العلمي. إننا نعيش في خضم تغييرات تمتد إلى مدى أبعد من أي شيء حدث في الماضي.

وبينما تحدث هذه التغييرات المادية وتؤثر تأثيراً كبيراً على عقول الناس، فإن تقدم المعرفة الأساسية يغير فلسفتنا. إن رصد أعماق الفضاء بالمناظير المقربة العظيم يوضح أنه كلما امتدت آفاق النظر أمامنا زادت المجرات.

هذا الفضاء الذي لا حد له يوحي بكون لا نهائي يمتد إلى أغوار أبعد في اللانهائية. وفي الوقت نفسه أدى ازدياد العلم بالذرة ونواتها إلى أنواع جديدة من الميكانيكا تبنى على الاحتمال أكثر مما تُبنى على التأكيد بأن نتيجة معينة تتبع سبباً معينا. فلا تسري قوانين الطبيعة المعروفة على نواة الذرة. ومازال علماء الطبيعة يتلمسون الأفكار الجديدة لتفسير السلوك الذي يتبعه الجزء المتناهي في الصغر. إن المعارف الجديدة عن نظام ترتيب الذرات التي تكون البروتينات تقربنا من المشكلة الأساسية في الفرق بين المادة الصماء والمادة الحية التي تحتوي على البروتينات. كما أن أثر التغييرات البيولوجية التافهة على شخصية الحيوان والإنسان نتيجة للتدخل الجراحي أو العقاقير توجه أنظارنا إلى معنى الفردية كله. كل هذه الأمور لها تأثيرها الهائل على إدراكنا العقلي للعالم حولنا، وعلى ذلك تجعل من الضروري أن نعيد التفكير في فلسفة عصرنا. وهي تنتهي إلى خلاف طريف بالنسبة للعالم الذي يدرك تماما إن علمه ضئيل جداً حتى إن أساس الخلاف اليوم قد يختفي مع الغد. يكفي هذا عن الموقف الراهن. وفي الختام دعنا ننظر إلى الأمام. فما هي التغييرات الثورية التي يمكن أن نتنبأ بها إلى حد معقول؟ إن التقدم في العلوم الطبية يزيد دائما في العمر المتوقع لكل

طفل يولد. وقد زادت أعمار الرجال والنساء حتى إن المسنين يكونون نسبة متزايدة من السكان عندنا. ولعل معنى هذا أن أغلبنا سوف يجتاز أيام الشباب الثائرة والرجولة المنتجة إلى شيخوخة مباركة. وقد يؤدي هذا إلى زيادة النضج في أفكار تخلو من المحافظة الجامدة نتيجة لازدياد حيوية المسنين مضافة إلى الحكمة المكتسبة من تجارب الحياة. وبينما يستمر الشباب في إنتاج الأفكار الجديدة والقوة الدافعة لاقتصادنا فإن الحكم الناضج لكبار المواطنين يؤدي إلى علاقات أفضل فيما بيننا داخل وخارج شعبنا. وهناك –من قبل– فكرة محققة يزداد إدراك الناس لها، وهي أن الخير الذي يمكن أن يقدمه العلم في الصحة والاقتصاد والإدراك العالم يعود على الأمم جميعا، يعود على الأمم المتخلفة كما يعود علينا. وقد أصبح نشر الطب والزراعة والصناعة بالطرق العلمية في بلاد الشرق واجباً على الجنس البشري، لا طريقا إلى استغلال الآخرين لمصلحتنا. إن أعظم مشكلة تواجهنا –وهي تفاهم الأجناس الملونة والبيضاء على المشاركة في العالم وخيراته– يغلب أن يأتي حلها من انتشار الطب والعلم أكثر من جهود السياسيين. إن العلم –ما لم يصبح موضع تدخل سياسي كبير– لا يعرف فواصل الجنس أو الأمة أو العقيدة. لغته دولية. يتفق على مبادئه كل من يعمل في ميادينه. وعندما لا يُساء استغلاله في الأغراض السياسية والمطامع الشخصية يكون أعظم قوة للسلام والتفاهم الدولي في العالم اليوم.

هذه الأمور التي تحدثت عنها –وغيرها كثير– قد غيرت تماما

موقفنا الفكري من العالم حولنا. كما ارتفعت مكانة الإنسان ارتفاعا عظيما تحت تأثير معارفنا المتقدمة. ويبدو العلم أعظم المؤثرات الحضارية في الزمن كله.

الفهرس